

International Federation for Information Processing

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН

Совет Виртуального компьютерного музея

Политехнический музей

Computer History Museum

ТРУДЫ SORUCOM-2011

**Вторая Международная конференция
Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения
в России и странах бывшего СССР**

12–16 сентября, Великий Новгород, Россия

Ответственный редактор д.ф.-м.н. А.Н. Томилин

Спонсоры

- **Российский фонд фундаментальных исследований**
- **Computer History Museum**
- **ARQA Technologies**

Великий Новгород
2011

International Federation for Information Processing

Yaroslav-the-Wise Novgorod State University

A.P. Ershov Institute of Informatics Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Computer History Museum, CA, USA

Scientific Council of the Russian Virtual Computer Museum

Polytechnic Museum, Moscow

SORUCOM-2011 PROCEEDINGS

Second International Conference on the History of Computers and Informatics
in the Soviet Union and Russian Federation

12–16 September, Veliky Novgorod, Russia

Edited by A. N. Tomilin

Sponsors

- **Russian Foundation for Basic Research**
- **Computer History Museum**
- **ARQA Technologies**

Veliky Novgorod 2011

Председатель конференции

Вебер Виктор Робертович, член-корреспондент РАН,
Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого,
Россия, Великий Новгород

Сопредседатели Программного комитета

Касьянов Виктор Николаевич, Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН,
Новосибирск

Томилин Александр Николаевич, Институт системного программирования РАН, Москва

Программный комитет

Александриди Тамара Миновна, Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет

Боханнек Александр, Компьютерный музей, Калифорния, США

Герович Вячеслав Александрович, Массачусетский технологический институт

Иванников Виктор Петрович, Институт системного программирования РАН

Карпилович Юрий Владимирович, Минский институт управления

Котов Вадим Евгеньевич, Маунтин Вью, Калифорния, США

Ладыгин Игорь Иванович, Московский энергетический институт

Малашевич Борис Михайлович, ОАО «Ангстрем»

Малиновский Борис Николаевич, Национальная академия Украины

Марчук Александр Гурьевич, Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН

Подловченко Римма Ивановна, Московский государственный университет

Пржиялковский Виктор Владимирович, НИИ «Аргон»

Прохоров Сергей Петрович, Mediterranean Institute of Applied Sciences

Прохоров Николай Леонидович, ОАО «ИНЭУМ»

Рогачов Юрий Васильевич, НИИ вычислительных комплексов им. М.А. Карцева

Рузанова Наталья Сократовна, Петрозаводский государственный университет

Тихонов Александр Николаевич, Научно-исследовательский институт информационных
технологий и телекоммуникаций «Информика»

Фет Яков Ильич, Институт вычислительной математики и математической геофизики
СО РАН

Хетагуров Ярослав Афанасьевич, Московский инженерно-физический институт

Черемных Наталья Ариановна, Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН

Штейнберг Виталий Иосифович, НИИ «Аргон»

Секретарь Программного комитета

Крайнева Ирина Александровна, Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН,
Новосибирск

Организационный комитет

Гавриков Анатолий Леонидович, Новгородский государственный университет им. Ярослава
Мудрого, Великий Новгород

Курмышев Николай Васильевич, Новгородский государственный университет им. Ярослава
Мудрого, Великий Новгород

Импальяццо Джон, Университет Хофстра, США

Казаков Виталий Геннадьевич, НГУ, Новосибирск

Китов Владимир Анатольевич, Москва

Пройдаков Эдуард Михайлович, Виртуальный компьютерный музей, Москва

Смолевицкая Марина Эрнестовна, Политехнический музей, Москва

Холлар Дж., Компьютерный музей, Калифорния, США

Шилов Валерий Владимирович, «МАТИ» – РГТУ имени К.Э. Циолковского, Москва

Conference Chair

V. R. Weber, member of Russian Academy of Medical Sciences, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod

Program Committee Co-Chairs

Prof. A. N. Tomilin, Institute of System Programming RAS, Moscow, Russia

Prof. V. N. Kasyanov, A. P. Ershov Institute of Informatics Systems, SB RAS, Novosibirsk, Russia

Program Committee

Prof. T. M. Alexandridi, Automated Control Systems Department, Moscow Automobile & Roads Institute, Moscow, Russia

A. Bochanek, Computer History Museum, CA, USA

V.A. Gerovich, PhD, Massachusetts Institute of Technologies, USA

V. P. Ivannikov, full member of Russian Academy of Sciences, Institute of System Programming RAS, Moscow, Russia

Y.V. Karpilovich, JSC MPOVT, Minsk, Belorussia

V.E. Kotov, corresponding member of RAS, Mountain View, California, USA

I.I. Ladygin, PhD, Moscow Power Engineering Institute, Russia

B.M. Malashevich, Angstrom Limited Liability Company

B. N. Malinovsky, corresponding member of National Academy of Sciences, Kiev, Ukraine

Prof. A. G. Marchuk, A. P. Ershov Institute of Informatics Systems SB RAS, Novosibirsk, Russia

Prof. R. I. Podlovchenko, Moscow State University, Moscow, Russia

Prof. N. L. Prokhorov, INEUM, Moscow, Russia

S. P. Prokhorov, PhD, Mediterranean Institute of Applied Sciences, , Moscow, Russia.

Prof. V.V. Przhiyalkovsky, Argon scientific research institute, Moscow, Russia

Prof. Y. V. Rogachev, M.A. Kartsev Scientific Research Institute of Computer Complexes, Moscow, Russia

N.S. Ruzanova, PhD, Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

Prof. A. N. Tikhonov, Informika State Scientific Research institute, Moscow, Russia

Prof. Ya.I. Fet, Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia

Prof. Ya. A. Khetagurov, Moscow Engineering Physics Institute (State University), Moscow, Russia

N. A. Cheremnykh, A. P. Ershov Institute of Informatics Systems SB RAS, Novosibirsk, Russia;

V. I. Shteinberg, PhD, Argon scientific research institute, Moscow, Russia.

Program Committee Secretary

I. A. Kraineva, PhD, A. P. Ershov Institute of Informatics Systems, SB RAS, Novosibirsk, Russia

Organizing Committee

Prof. A. L. Gavrikov, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia

N. V. Kurmyshev, PhD, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia

J. Hollar, President & Chief Executive Officer, Computer History Museum, CA, USA

J. Impagliazzo, Ph.D, Hofstra University, NY, USA

E. M. Projdakov, Virtual Computer Museum, Moscow, Russia

V. G. Kazakov, PhD, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

V. A. Kitov, PhD, Innovey, Moscow, Russia

M.E. Smolevitskaya, Polytechnic Museum, Moscow, Russia

V. V. Shilov, PhD, Moscow Institute of Aircraft Technologies, Moscow, Russia

Предисловие

Первая Международная конференция «Развитие вычислительной техники в России и странах бывшего СССР: история и перспективы (SORUCOM-2006)» успешно прошла в 2006 г. в Петрозаводске. На ней были представлены доклады и сообщения, посвященные ключевым моментам развития вычислительной техники и программирования в СССР и в России.

Широкий интерес, который вызвала конференция, важность и актуальность ее тематики, то обстоятельство, что многие заметные вехи развития вычислительной техники и программирования в нашей стране не нашли на ней своего отражения, позволяли говорить о необходимости проведения очередной конференции исторической направленности. Это тем более актуально, что на 2011 год приходятся две заметные даты: 100 лет со дня рождения чл.-корр. АН СССР Алексея Андреевича Ляпунова и 80 лет со дня рождения действительно члена АН СССР Андрея Петровича Ершова – корифеев отечественной информатики.

Вторую международную конференция SORUCOM-2011 было решено провести в Новгородском государственном университете им. Ярослава Мудрого 12–16 сентября 2011 года. На ней были заслушаны доклады и сообщения о наиболее интересных проектах создания отечественной вычислительной техники, значительное внимание уделено истории развития микроэлектроники и программирования. С приглашенными докладами на конференции выступили ветераны, трудами и талантом которых создавались первые вычислительные машины в нашей стране, а также разработчики новых перспективных ЭВМ и систем программирования.

Конференция прошла под эгидой Международной федерации по обработке информации (IFIP). В ней приняли участие представители Компьютерного музея в Маунтин Вью (Калифорния) и других зарубежных центров, занимающихся историей вычислительной техники и информационных технологий.

Место проведения конференции – Великий Новгород – один из древнейших городов России, расположенный на ее северо-западе у истоков реки Волхов и озера Ильмень. Великий Новгород – один из наиболее значительных центров просвещения, крупнейший европейский художественный центр, а также духовный центр русского православия. Это позволило сделать насыщенной не только научную, но и культурную программу конференции.

Программный комитет

Preface

The first SORUCOM Conference took place in 2006 in Petrozavodsk, Russia. Researchers presented their talks and papers on the history of computer hardware and software in the USSR, Russia, and European Countries.

SORUCOM-2006 proved to be an event of high international interest. The importance and relevance of its subjects as well as the fact that many crucial milestones of the development of computers and computer science were not covered led us to the conclusion that a sequel history-oriented conference is necessary.

All the more important is that 2011 is a year with several notable dates: 100th anniversary of the corresponding member of RAS A. A. Lyapunov and 80th anniversary of the late academician A.P. Ershov, the masterminds of the national computer science. 2011 is also the 60th anniversary of the first Soviet computer, the M-1, and 50th anniversary of the Institute of Cybernetics in Kiev and the ALFA programming language; it is the 40th year since the creation of the operating system DISPAC for the BESM-6 computer. It is virtually impossible to list all interesting and important dates pertaining to the conference subject.

The Second International Conference SORUCOM-2011 was held in Veliky Novgorod at the Yaroslav-the-Wise Novgorod State University. We anticipate talks and reports on the most interesting projects related to the computer hardware and software design and development, with the focus on the history of microelectronics and programming. We heard invited talks of the veterans whose ingenuity and talent made possible the creation of the first national computers and operating systems, and talks of their contemporary successors engaged in the development and construction of cutting edge computers and programming systems.

The conference location, the city of Veliky Novgorod (Novgorod the Great), is the history-drenched ancient capital of the state of Kievan Rus'. It is situated in the north-west of Russia where the river Volkhov falls into the lake Il'men and halfway from Moscow to St. Petersburg. It is a true gem of Russian architectural heritage, an important modern center of enlightenment and art, and a site of spiritual importance of the Russian Orthodox Church. The place saturated and enriched the conference ambiance both scientifically and culturally.

Program committee

Программа

Работы Международной конференции «Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР» SORUCOM-2011 Великий Новгород, 12–16 сентября 2011 г.

12 сентября, понедельник

Заезд и размещение участников в отеле «Интурист» в течение дня. Регистрация и выдача материалов совещания на стойке администратора. Свободное время. Экскурсия. Приветственный коктейль и ужин.

06.30–15.00 Свободное время

15.00–18.00 Экскурсия по Новгороду

19.00 Приветственный коктейль. Ужин в ресторане отеля «Интурист».

13 сентября, вторник

09.00 Сбор в фойе отеля и у входа, переезд автобусом в главный корпус НовГУ.

09.30–10.00 Открытие конференции.

Конференц-зал НовГУ (гл. корпус, 4 этаж, 2401).

Председатель *Анатолий Леонидович Гавриков*

Выступающие с приветствием:

Виктор Робертович Вебер, академик РАН, ректор НовГУ

Гурий Иванович Марчук, академик РАН

Пленарное заседание

Мемориальная сессия памяти российских ученых **А.П. Ершова, А.А. Ляпунова и А.И. Китова.**

Председатель *Александр Николаевич Томилин*

10.00–10.30 Подловченко Римма Ивановна (Московский государственный университет) От операторного метода А.А. Ляпунова – к теории алгебраических моделей программ.

10.30–10.50 Фет Яков Ильич (Новосибирск, Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН) Человеческие качества Алексея Андреевича Ляпунова.

10.50–11.10 Черемных Наталья Ариановна (Новосибирск, Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН) Академик А.П. Ершов – основатель новосибирской школы программирования.

11.10–11.40 Чёрный Юрий Юрьевич (Москва, Институт научной информации по общественным наукам РАН) Как понимал информатику академик Андрей Петрович Ершов?

11.40–12.00 Курляндчик Галина Владиленовна (Санта Клара, Калифорния, США) XXI век и статья А.П. Ершова «О человеческом и эстетическом факторах в программировании» (1972)

12.00–12.20 Кофе-брейк

Продолжение заседания

Председатель *Эдуард Михайлович Пройдаков*

12.20–12.50 Крайнева Ирина Александровна (Новосибирск, Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН) История информатики в трудах академика А.П. Ершова (Опыт историографии)

12.50–13.20 Дзегеленок Игорь Игоревич, Ладыгин Игорь Иванович, Поляков Аркадий Константинович (Московский энергетический институт) Эстафета поколений в развитии уникальной школы компьютерных систем в Московском энергетическом институте.

13.30–14.30 Обед

Продолжение заседания

Председатель *Виктор Николаевич Касьянов*

14.30–14.50 Китов Владимир Анатольевич, Шилов Валерий Владимирович (Москва, Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, «МАТИ») Точка отсчёта истории отечественной кибернетики.

14.50–15.20 Оганджян Сергей Беникович, Прохоров Сергей Петрович (Москва, Редакция Большой Российской энциклопедии) Плодотворное сотрудничество двух пионеров кибернетики (А.И. Китов и А.А. Ляпунов). Эффективная совместная деятельность А.И. Берга и А.И. Китова..

15.20–15.40 Приходько Александр Яковлевич (Московский государственный горный университет) У истоков отечественной военной информатики.

15.40–16.00 Татарченко Ксения Анатольевна (США, Принстонский университет) Информатика от Силиконовой Долины до Золотой Долины: Андрей Ершов и Джон Маккарти.

16.00–16.20 Перерыв

Продолжение заседания

Председатель **Александр Гурьевич Марчук**

16.20–16.40 Рузайкин Геля Иванович (Москва, Мир ПК) Математика, вычислительные машины и приложения: вспоминая Анатолия Петровича Меренкова..

16.40–17.00 Оганджян Сергей Беникович (Москва, Редакция Большой Российской энциклопедии) История развития вычислительной техники в Армянской ССР.

17.00–17.20 Балодис Рихард, Опмане Инара (Riga, Institute of Mathematics and Informatics University of Latvia) The Institute and three socio-technological transformations of IT.

17.20–17.40 Боханек Алекс (Mountain View, CA, Computer History Museum) What Did the Americans Know? A Review of Select Periodicals.

17.40–18.00 Богданова Татьяна Фоминична, Пиотух-Пелецкий Вадим Николаевич (Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН) Валентин Афанасьевич Коптюг и становление химической информатики в СО РАН.

14 сентября, среда

Заседание секции «История создания ЭВМ»

Конференц зал НовГУ (гл. корпус, 4 этаж, 2401).

Председатель **Штейнберг Виталий Иосифович**

10.00–10.20 Александриди Тамара Миновна, Розачев Юрий Васильевич, Шидловский Рене Павлович (Московский автомобильно–дорожный институт (Государственный технический университет)) 60 лет первой отечественной ЭЦВМ М-1.

10.20–10.40 Александриди Тамара Миновна, Матюхина Елена Николаевна (Московский автомобильно–дорожный институт (Государственный технический университет)) Новаторские научные решения в работах Н.Я. Матюхина.

10.40–11.00 Брусенцов Николай Петрович, Рамиль Альварес Хосе (Московский государственный университет) Троичная ЭВМ “Сетунь 70”.

11.00–11.20 Цветов Виктор Пантелеймонович История развития микроэлектроники в ленинградских КБ: (ЛКБ – ЛКТБ).

11.20–11.40 Гливенко Елена Валерьевна, Прядко Сергей Александрович, Фомочкина Анастасия Сергеевна (Москва, Российский государственный университет нефти и газа) Первая Отечественная многопроцессорная ЭВМ М-10.

11.40–12.00 Хетагуров Ярослав Афанасьевич (Московский инженерно-физический институт) Перспективы развития цифровых управляющих вычислительных систем реального времени (ЦУВС РВ).

12.00.-12.20 Кофе-брейк

Продолжение заседания

Председатель **Владимир Анатольевич Китов**

12.20–12.40 Лисовский Игорь Михайлович (Москва, Институт точной механики и вычислительной техники РАН) Всеволод Сергеевич Бурцев и создание систем ПРО: начальный этап.

12.40–13.05 Карпов Леонид Евгеньевич, Карпова Вера Борисовна (Москва, Институт системного программирования РАН) Вычислительные средства для систем противоракетной и противосамолетной обороны страны. Роль С. А. Лебедева и В. С. Бурцева.

13.05–13.30 Штейнберг Виталий Иосифович (Москва, ФГУП НИИ «Аргон») К истории разработки БЦВМ для противоракет дальнего перехвата А925.

13.30-14.30 Обед

Продолжение заседания

Председатель **Тамара Миновна Александриди**

14.30–15.00 Фельдман Борис Яковлевич (Amfelter Corporation, Торонто) Как создавались первые микроэлектронные ЭКВМ, СМЗ и специпроцессор Фурье.

15.00–15.20 Трояновский Владимир Михайлович (Московский государственный институт электронной техники) Мини-ЭВМ «Электроника-100» – шаг к гражданским системам реального времени.

15.20–15.40 Ярмухаметов Азат Усманович (Виртуальный Казанский компьютерный музей) Терминальная ЭВМ ЕС1007.

15.40–16.00 Терехов Андрей Николаевич (Санкт-Петербургский государственный университет) УВК «Самсон»..

16.00–16.20 Кофе-брейк

Продолжение заседания

Председатель *Андрей Николаевич Терехов*

16.20–16.40 *Александриди Тамара Миновна, Лавренюк Юрий Антонович* (Московский автомобильно-дорожный институт (Государственный технический университет)) Быстродействующая память на ЭЛТ для М1, М2.

16.40–17.00 *Пройдаков Эдуард Михайлович* (Москва, Виртуальный компьютерный музей) Необыкновенная история создания ЭВМ Истра-4816.

17.00–17.20 *Белов Сергей Дмитриевич, Алешаев Александр Николаевич, Козак Виктор Романович, Пискунов Георгий Сергеевич, Тарарышкин Сергей Васильевич* (Новосибирск, Институт ядерной физики СО РАН) Проблемы управления электрофизическими установками как предпосылка создания оригинальных ЭВМ.

17.20–17.40 *Чертовских Андрей Геннадьевич* (Новосибирск, Институт ядерной физики СО РАН) Применение универсальных процессоров АП-20/ АП-32 для обработки физической информации в Институт ядерной физики СО РАН.

14 сентября, среда

Заседание секции «Программирование»

Учебный центр (гл. корпус, 1 этаж, 1100)

Председатель *Виктор Николаевич Захаров*

10.00–10.30 *Берс Андрей Александрович* (Новосибирск, Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН) Отдел программирования ВЦ СО АН СССР и языки.

10.30–10.50 *Бурдонов Игорь Борисович, Иванников Виктор Петрович, Косачев Александр Сергеевич* (Москва, Институт системного программирования РАН) Проект КЛАСТОС.

10.50–11.20 *Иванников Виктор Петрович, Гайсарян Сергей Суренович, Томилин Александр Николаевич* (Москва, Институт системного программирования РАН) Системное программное обеспечение вычислительной системы «Электроника ССБИС».

11.20–11.40 *Касьянов Виктор Николаевич* (Новосибирск, Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН) Теоретико-графовые методы в программировании.

11.40–12.00 *Городняя Лидия Васильевна* (Новосибирск, Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН) Первые реализации языка Lisp в СССР.

12.00–12.30. Кофе-брейк

Продолжение заседания

Председатель *Лидия Васильевна Городняя*

12.30–12.50 *Китов Владимир Анатольевич, Прохоров Сергей Петрович* (Москва, Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН) Становление программирования в период с 1950-го по 1960 год.

12.50–13.10 *Храпкин Павел Леонидович* (Санкт-Петербург, Бюро ЕСГ) Этапы развития информатики в нашей стране – от машинных залов к облачным вычислениям.

13.10–13.30 *Кетков Юлий Лазаревич* (Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского) Школа программирования ИПМ им. М.В. Келдыша.

13.30–14.30 Обед

Продолжение заседания

Председатель *Ирина Александровна Крайнева*

14.30–15.00 *Белоусов Игорь Рафаилович* (Москва, Hewlett-Packard) Открытая облачная платформа HP webOS для разработки мобильных приложений.

15.00–15.20 *Баранов Сергей Николаевич* (Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики) Форт в СССР и в России.

15.20–15.40 *Лавренюк Юрий Антонович, Баженова Татьяна Валериановна* (Москва, Институт высоких температур РАН) Первые расчеты на ЭВМ М-2 нагрева баллистических ракет в атмосфере.

15.40–16.00 *Бурцев Алексей Анатольевич, Сидоров Сергей Александрович* (Москва, Научно-исследовательский институт системных исследований РАН, Научно-исследовательская лаборатория ЭВМ МГУ) История создания и развития ДССП: от “Сетуни-70” до троичной виртуальной машины.

16.00–16.20 Кофе-брейк

Продолжение заседания

Председатель *Игорь Рафаилович Белоусов*

16.20–16.40 Belkina-Tentler Anna (Department of Visual and Media Arts, Emerson College. Boston, Massachusetts, USA) System preferences: animated documentary about B.I. Rameyev.

16.40–17.00 Захаров Виктор Николаевич (Москва, Институт проблем информатики РАН) Школьная информатики в России – техническая база начального периода.

17.00–17.20 Ахремчик Олег Леонидович (Тверь, Государственный технический университет) Учебный микро-процессорный комплект и его роль в развитии вычислительной техники.

15 сентября, четверг

9.30 Сбор в фойе отеля и у входа, посадка в автобус, экскурсионная программа на весь день.

16 сентября, пятница

Заседание секции «Сети ЭВМ».

Конференц-зал НовГУ (гл. корпус, 4 этаж, 2401).

Председатель *Николай Васильевич Курмышев*

10.00–10.30 Кутейников Алексей Васильевич (Московский государственный университет) История проекта создания автоматизированной системы управления советской экономикой (ОГАС) в 1960–1980-х гг. (по материалам Государственного архива РФ, Российского государственного архива экономики и архива ВНИИ проблем вычислительной техники и информатизации).

10.30–11.00 Куперштох Наталья Александровна (Новосибирск, Институт истории СО РАН) Роль академика Г.И. Марчука в создании вычислительных центров Сибири.

11.00–11.30 Марчук Александр Гурьевич (Новосибирск, Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН) Создание сетевых технологий в СО АН СССР в 1970-е годы.

11.30–11.50 Стрюкова Екатерина Павловна (Екатеринбург, Уральский государственный университет) АСУ «Львов» и «Кунцево»: роль и значение.

11.50–12.20 Курмышев Николай Васильевич, Герасимов Владислав Викторович (Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого) Первая пятилетка в истории Новгородского Интернета.

12.20–12.40 Курмышев Николай Васильевич (Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого) Информатизация Новгородского государственного университета.

13.30–14.30 Обед

16 сентября, пятница

Секция «Музей ВТ».

Учебный центр (гл. корпус, 1 этаж, 1100)

Председатель *Валерий Владимирович Шилов*

10.00–10.20 Карпов Леонид Евгеньевич, Карпова Вера Борисовна (Москва, Институт системного программирования РАН) Три первых директора ИТМиВТ АН СССР.

10.20–10.40 Смолевицкая Марина Эрнестовна (Москва, Политехнический музей) Фондовое собрание ЭЦВМ Политехнического музея: между прошлым и будущим.

10.40–11.00 Бадрутдинова Маргарита Шамсутдиновна (Казань, Музей вычислительной техники) Создание, деятельность и направления развития Музея истории вычислительной техники в Казани.

11.00–11.20 Лейпяля Тимо (Турку, Финляндия) Production of Original-Odhner Arithmometers in Russia, Sweden and Soviet Union 1912–1928.

11.20–11.40 Шилов Валерий Владимирович (Москва, «МАТИ» – РГТУ) Ян Юзеф Барановский и его механические таблицы..

15.00. Подведение итогов, закрытие конференции

Конференц-зал НовГУ (гл. корпус, 4 этаж, 2401)

Председатель *Александр Николаевич Томилин*

Общая дискуссия по тематике конференции.

Обсуждение проекта решения конференции.

Содержание

<i>Belkina-Tentler A. System Preferences: Animated Documentary about B.I. Rameyev</i>	1
<i>Bochannek A. What Did the Americans Know? A Review of Select Periodicals</i>	3
<i>Leipälä T. Production of Original-Odhner Arithmometers in Russia, Sweden and Soviet Union 1912–1928</i>	7
<i>Александриди Т.М., Лавренюк Ю.А. Быстродействующее ОЗУ на стандартных электронно-лучевых трубках</i>	12
<i>Александриди Т.М., Матюхина Е.Н. Новаторские научные решения Н.Я. Матюхина в первых ЭВМ и вычислительных комплексах</i>	15
<i>Александриди Т.М., Рогачев Ю.В., Шидловский Р.П. 60-летие первой российской АЦВМ М-1</i>	18
<i>Алешаев А.Н., Белов С.Д., Козак В.Р., Пискунов Г.С., Тарарышкин С.В. Проблемы управления электрофизическими установками как предпосылка создания оригинальных ЭВМ</i>	23
<i>Ахремчик О. Л. Учебный микропроцессорный комплект и его роль в развитии вычислительной техники</i>	29
<i>Бадрутдинова М.Ш. Музей истории вычислительной техники в Казани: деятельность и направления развития</i>	34
<i>Балодис Р., Опмане И. Институт Математики и информатики Латвийского университета и три социально-технологические волны ИТ</i>	36
<i>Баранов С.Н. Язык Форт в СССР и России</i>	41
<i>Бекназарова С.С. Развитие дистанционных тестовых технологий в среде национального Интернет пространства</i>	46
<i>Белосусов И.Р. Открытая облачная платформа HP webOS для разработки мобильных приложений</i>	49
<i>Берс А.А. Отдел программирования ВЦ СО АН СССР и языки</i>	56
<i>Богданова Т.Ф., Пиотух-Пелецкий В.Н. В.А. Коптюг и становление химической информатики в СО РАН</i>	65
<i>Брусенцов Н.П., Рамиль Альварес Х. Троичная ЭВМ “Сетунь 70”</i>	71
<i>Бурдонов И.Б., Иванников В.П., Косачев А.С. Проект КЛАСТОС</i>	76
<i>Бурцев А.А., Сидоров С.А. История создания и развития ДССП: от “Сетуни-70” до троичной виртуальной машины</i>	83
<i>Гливенко Е.В., Прядко С.А., Фомочкина А.С. Первая отечественная многопроцессорная ЭВМ М-10</i>	89
<i>Городня Л.В. Первые реализации языка Lisp в СССР</i>	95
<i>Дзегеленок И.И., Ладыгин И.И., Поляков А.К. Эстафета поколений в развитии уникальной школы компьютерных систем в Московском энергетическом институте</i>	101
<i>Загоруйко Ю.А. История разработки системы речевого управления интеллектуальным роботом</i>	107
<i>Захаров В.Н. Школьная информатика в России – техническая база начального периода</i>	115
<i>Казakov В.Г. Новосибирские страницы отечественной истории электронного обучения</i>	121
<i>Карпов Л.Е., Карпова В.Б. Вычислительные средства для систем противоракетной и противосамолетной обороны страны. Роль С. А. Лебедева и В. С. Бурцева</i>	124
<i>Карпов Л.Е., Карпова В.Б. Три первых директора ИТМиВТ АН СССР</i>	131
<i>Касьянов В.Н. Теоретико-графовые методы в программировании</i>	134
<i>Кетков Ю.Л. Школа программирования ИПМ им. акад. М.В.Келдыша</i>	137
<i>Китов В.А., Прохоров С.П. Становление программирования в СССР с 1950-го по 1960 год</i>	143
<i>Китов В.А., Шилов В.В. Точка отсчета истории отечественной кибернетики</i>	146
<i>Климов Анд.В. О работах Валентина Федоровича Турчина по кибернетике и информатике</i>	149
<i>Коллин К.К. История развития информатики как фундаментальной науки</i>	155
<i>Крайнева И.А. История информатики в трудах академика А.П. Ершова</i>	164
<i>Куперштох Н.А. Роль академика Г.И. Марчука в создании вычислительных центров Сибири</i>	171
<i>Курляндчик Г. XXI век и статья А.П. Ершова «О человеческом и эстетическом факторах в программировании» (1972)</i>	175
<i>Курмышев Н.В. О состоянии развития информатизации в Новгородском государственном университете</i>	182
<i>Курмышев Н.В., Герасимов В.В. Первая пятилетка в истории Новгородского Интернета</i>	192
<i>Кутейников А.В. История проекта создания автоматизированной системы управления советской экономикой (ОГАС) в 1960–1980-х гг. (по материалам Государственного архива РФ, Российского государственного архива экономики и архива ВНИИ проблем вычислительной техники и информатизации)</i>	194
<i>Лавренюк Ю.А., Баженова Т.В. Первые расчеты на ЭВМ М-2 нагрева баллистических ракет при движении их в атмосфере</i>	198
<i>Лисовский И.М. Всеволод Сергеевич Бурцев и создание систем ПРО: начальный этап</i>	202
<i>Малашевич Б.М. Ангстрем – лидер советской МОП микроэлектроники</i>	206
<i>Малашевич Б.М. Об организации разработок изделий микроэлектроники в Минэлектронпроме СССР</i>	211
<i>Мартыненко Б. К. Из истории информатики в Санкт-Петербургском университете</i>	220
<i>Марчук А.Г. Из истории работ по созданию информационных систем и сетей ЭВМ общего назначения, проводимых в Сибирском отделении АН СССР</i>	227
<i>Метляев Ю.В. История применения ЭВМ в новосибирском Академгородке</i>	232
<i>Оганджаниян С.Б. История развития вычислительной техники в Армянской ССР</i>	240
<i>Оганджаниян С.Б., Прохоров С.П. Плодотворное сотрудничество двух пионеров кибернетики</i>	244
<i>Оганджаниян С.Б., Прохоров С.П. Эффективная совместная деятельность А.И. Китова и А.И. Берга</i>	247
<i>Подловченко Р.И. От операторного метода А.А. Ляпунова – к теории алгебраических моделей программ</i>	250
<i>Поляк Ю.Е. Навигационные инструменты в глобальных сетях (краткая история)</i>	253
<i>Приходько А.Я. У истоков отечественной военной информатики</i>	256
<i>Рузайкин Г.И. Математика, вычислительные машины и приложения: вспоминая Анатолия Петровича Меренкова</i>	260
<i>Сибирияков П.Г. Истоки алгоритмического языка АЛГЭМ и его место в творчестве А.И. Китова</i>	263
<i>Сибирияков П.Г., Китов В.А., Коллин К.К. Начало истории АСУ – А.И. Китов и автоматизация управления экономикой страны</i>	266
<i>Смолевицкая М.Э. Фондовое собрание «Электронные цифровые вычислительные машины» в Политехническом музее: между прошлым и будущим</i>	271

<i>Стрюкова Е.П.</i> АСУ «Львов» и «Кунцево»: роль и значение.....	276
<i>Татарченко К.А.</i> Информатика от Силиконовой Долины до Золотой Долины: Андрей Ершов и Джон Маккарти	278
<i>Терехов А.Н.</i> УВК «Самсон» – базовая ЭВМ РВСН.....	282
<i>Трояновский В.М.</i> Мини-ЭВМ «Электроника-100» – шаг к гражданским системам реального времени	287
<i>Фельдман Б.Я.</i> Как создавались первые микроэлектронные ЭКВМ, СМЗ и спецпроцессор Фурье.....	292
<i>Фет Я.И.</i> Человеческие качества Алексея Андреевича Ляпунова	299
<i>Хетагуров Я.А.</i> Перспективы развития цифровых управляющих вычислительных систем реального времени (ЦУВС РВ).....	306
<i>Храпкин П.Л.</i> Этапы развития информатики в нашей стране – от машинных залов к облачным вычислениям	308
<i>Цветов В.П.</i> История развития микроэлектроники в ленинградских КБ: (ЛКБ – ЛКТБ)	313
<i>Цейтин Г.С.</i> UNIX и постановка вопроса о переносимости программного обеспечения	320
<i>Цейтин Г.С.</i> Итоги освоения ОС ЕС (заметки пользователя).....	323
<i>Цейтин Г.С.</i> К вопросу об автоформализации профессиональных знаний и ее инструментах	331
<i>Черный Ю.Ю.</i> Как понимал информатику академик Андрей Петрович Ершов.....	341
<i>Чертовских А.Г.</i> Применение универсальных процессоров АП-20/АП-32 для обработки физической информации в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера	350
<i>Шилов В.В.</i> Ян Юзеф Барановский и его механические таблицы.....	353
<i>Штейнберг В.И.</i> К истории разработки БЦВМ для противоракет дальнего перехвата А925	358
<i>Ярмухаметов А.У.</i> Терминальная ЭВМ ЕС-1007	361

Content

<i>Belkina-Tentler A.</i> System Preferences: Animated Documentary about B.I. Rameyev	1
<i>Bochannek A.</i> What Did the Americans Know? A Review of Select Periodicals	3
<i>Leipälä T.</i> Production of Original-Odhner Arithmometers in Russia, Sweden and Soviet Union 1912–1928	7
<i>Alexandridi T., Lavrenyuk Yu.</i> Fast RAM on Standard Cathode-Ray Tubes	12
<i>Alexandridi T., Matyukhina E. N.</i> Matyukhin's Innovative Scientific Solutions to the First Computers and Computer Systems.....	15
<i>Alexandridi T., Rogatchov Yu., Shidlovsky R.</i> 60th Anniversary of the First Russian M-1 Computer	18
<i>Aleshaev A., Belov S., Kozak V., Piskunov G., Tararyshkin S.</i> The Problems of Control of Large Electro-Physical Installations as the Pre-requisite for Developing Original CPU Architectures	23
<i>Akhremchik O.</i> Learning Microprocessor Complex and its Role in Computing Machinery Development.....	29
<i>Badrutdinova M.</i> Kazan' Computer History Museum: the Basic Trends of Development and Activity	34
<i>Balodis R., Opmane I.</i> The Institute and Three Socio-technological Transformations of IT	36
<i>Baranov S.</i> Forth Applications in Russia	41
<i>Beknazarova S.</i> Development of Distance Test-Technologies in the National Internet	46
<i>Belousov I.</i> Open Cloud Platform HP WebOS For Mobile Applications Development	49
<i>Baehrs A.</i> Programming Department of Computing Center of SB Ac. Sci. USSR and Languages	56
<i>Bogdanova T., Piottukh-Peletsy V. V. A.</i> Koptug and the Origin of Chemical Informatics in SB RAS	65
<i>Brusentsov N., Ramil' Alvares J. A.</i> Ternary Computer "Setun' 70"	71
<i>Burdonov I., Ivannikov V., Kosachiov A.</i> The KLASTOS Project	76
<i>Burtsev A., Sidorov S.</i> A Creation and Development History of Dialogue System for Structured Programming (DSSP): from Ternary Computer «Setun-70» to Ternary Virtual Machine.....	83
<i>Glivenko E., Pryadko S., Fomochkina A.</i> The First Domestic Multiprocessing Computer M-10	89
<i>Gorodnyaya L.</i> First LISP Implementations in the USSR	95
<i>Dzegelenok I., Ladygin I., Polyakov A.</i> The Succession of Generations in Developing a Unique School of Computer Systems in the Moscow Power Engineering Institute.....	101
<i>Zagorulko Yu.</i> The History of Development of a Voice System for Controlling an Intelligent Robot	107
<i>Zakharov V.</i> School Informatics in Russia: The Technical Basis of the Initial Period.....	115
<i>Kazakov V.</i> Siberian Chapter of E-learning Domestic History	121
<i>Karpov L., Karpova V.</i> Computational Tools for Anti-missile and Anti-aircraft Defense. The Role of S. Lebedev and V. Burtsev.....	124
<i>Karpov L., Karpova V.</i> The First Three Directors of the USSR AS IPMCT	131
<i>Kasyanov V.</i> Graph-Theory Methods in Programming	134
<i>Ketkov Yu.</i> A Programming School at M.V. Keldysh Institute of Applied Mathematics.....	137
<i>Kitov V., Prokhorov S.</i> The Early Development of Programming in the USSR (1950–1960)	143
<i>Kitov V., Shilov V.</i> On the Beginning of Cybernetics in this Country	146
<i>Klimov And.</i> On Valentin Turchin's works on cybernetics and computer science.....	149
<i>Kolin K.</i> The History of Informatics as a History of the Basic Science	155
<i>Krayneva I.</i> Academician A. Ershov and the History of Informatics (The Historiography Experience)	164
<i>Kupershtokh N.</i> Role of Academician G.I. Marchuk in Foundation of Computer Centers in Siberia.....	171
<i>Kurl'yandchik G.</i> XXI Century and the Article "Aesthetics and the Human Factor in Programming" by A.P. Ershov (1972).....	175
<i>Kurmyshev N.</i> About IT Progress at Novgorod State University	182
<i>Kurmyshev N., Gerasimov V.</i> The First Five-Year Period in the History of Novgorod Internet.....	192
<i>Kuteinikov A.</i> OGAS Project History (1960–1980) (According to the Russian Federation State Archive, Economics Russian State Archive, All-Union Research Institute of Computing Machinery and Informatization Archive).....	194
<i>Lavrenyuk Yu., Bazhenova T.</i> The First M-2 Computer Calculations of the Heat Ballistic Missiles Moving in the Atmosphere.....	198
<i>Lisowski I.</i> Vsevolod Sergeevich Burtsev and an Anti-Missile Defense Sistem Establishment: the Initial Stage	202
<i>Malashevich B.</i> Angstrom: the Leader of the Soviet MOS-Microelectronics	206
<i>Malashevich B.</i> Organization of Microelectronics Development in the USSR Ministry of Electronic Industry.....	211
<i>Martynenko B.</i> From the History of Informatics in the Saint Petersburg State University	220
<i>Marchuk A.</i> From the History of the Creation of General Purpose Information Systems and Computer Networks, Held in the Siberian Branch of USSR Academy of Sciences	227
<i>Metlyayev Yu.</i> The History of Computers in Novosibirsk Academgorodok	232
<i>Ogandjanyan S.</i> On the History of Computers in Armenia.....	240
<i>Ogandjanyan S., Prokhorov S.</i> The Fruitful Collaboration between Two Pioneers of Cybernetics (To the 90 th Anniversary of A.I. Kitov and the 100 th Anniversary of A.A. Lyapunov)	244
<i>Ogandjanyan S., Prokhorov S.</i> Fruitful Collaboratin of A.I. Kitov and A.I. Berg	247
<i>Podlovchenko R.</i> From A. Lyapunov Operator Method to the Theory of Algebraic Program Models.....	250
<i>Polyak Yu.</i> Tools for Navigation in Global Networks (A Short History).....	253
<i>Prikhod'ko A.</i> Russian Military Informatics Origins.....	256
<i>Ruzaykin G.</i> Mathematics, Computers and Applications: Remembering Anatoly Petrovich Merenkov.....	260
<i>Sibiryakov P.</i> Origins of ALGEM Algorithmic Language and its Role in A. Kitov's Works	263
<i>Sibiryakov P., Kitov V., Kolin K.</i> The Role of A.I. Kitov in Early Development of Automatic Control Systems.....	266
<i>Smolevitskaya M.</i> The Fund "Electronic Digital Computing Machines" at Polytechnic museum: Between The Past and The Future	271
<i>Stryukova E.</i> Role and Significance"of Automatic Control Systems "Lvov" and "Kuntsevo".....	276
<i>Tatarchenko K.</i> "Double Loyalties" in Counterpoint: Computer Science from Silicon Valley to Golden Valley	278
<i>Terekhov A.</i> Control System «Samson» – the Basic Computer of the Strategic Rocket Forces.....	282

<i>Troyanovsky V.</i> Design of Electronica-100 Minicomputer as a Step to Creating Nondefense Real-Time Systems	287
<i>Feldman B.</i> On the History of Creation of the First Microelectronic Keyboard Computer, SM-3 and Fourier Special Processor.....	292
<i>Fet Ja.</i> Human Qualities of Aleksey Andreevich Lyapunov	299
<i>Khetagurov Ja.</i> Prospects for the Development of Digital Control Real-Time Computer Systems	306
<i>Khrapkin P.</i> Stages of Development of Informatics in our Country: from Computer Rooms to Cloud Computing	308
<i>Tsvetov V.</i> The History of Microelectronics Development in the Leningrad Design Bureau	313
<i>Tseytin G.</i> UNIX and the Statement of Software Portability Problem	320
<i>Tseytin G.</i> The Results of OS ES Application (User's Notes)	323
<i>Tseytin G.</i> On Autoformalization of Professional Skills and its Toolkit	331
<i>Chiorny Yu.</i> On Notion of Informatics in Works of Academician Ershov	341
<i>Chertovskikh A.</i> Application of the Universal Processors AP-20, AP-32 for the Treatment of Physical Information in the Budker Institute of Nuclear Physics.....	350
<i>Shilov V.</i> Jan Jusef Baranovsky and his Mechanical Tables.....	353
<i>Shteinberg V.</i> On the History of Development of On-Board Computer for Long-Range Missile Interception A925	358
<i>Yarmukhametov A.</i> The Terminal Computer ES-1007	361

System Preferences: Animated Documentary about B.I. Rameyev

Anya Belkina-Tentler
Department of Visual and Media Arts, Emerson College
Boston, Massachusetts, USA
anya_belkina@emerson.edu

Project synopsis: Director and computer artist Anya Belkina-Tentler brings back to life her late grandfather – a genius of Soviet computing – with technology he helped pioneer six decades ago. *System Preferences* is a 40-minute animated documentary that tells the story of Bashir Rameyev, who is on a quest to achieve something extraordinary for his country in order to prove that he and his family are not “the enemies of the people”. The result of his struggle is the invention of a computer used to launch Sputnik into space and, as a consequence, to spur the headlong development of American microelectronics. The second narrative woven into Rameyev's story is organized around a central argument that USSR's 1969 decision to curtail national computer research in favor of imitating American models had unfortunate consequences not only for Russian computer science, but for the global community of computer users today.



Narrative synopsis: In order to reach large audiences, the project is blending a moving character-driven story with an insightful essay-style narrative. The protagonist's story arc consists of three acts. Act One establishes Rameyev's main goal – to do something extraordinary for the USSR in order to prove he is not “an enemy of the people”. Act Two defines his goal – to build an electronic computer. It also describes the obstacles on the way of achieving this goal and talks of the goal's final accomplishment. Act Three outlines the difficult circumstances of Rameyev's creative suicide.

The main components of the essay's structure include: establishing that the USSR's decision to clone IBM computers is related to the cyber-problems we're facing today; providing statistics to back up that argument; awakening the audiences to the harrowing possibility of a cyber-war; inspiring ethical, responsible and active behavior in cyber-space on the individual and policy levels.

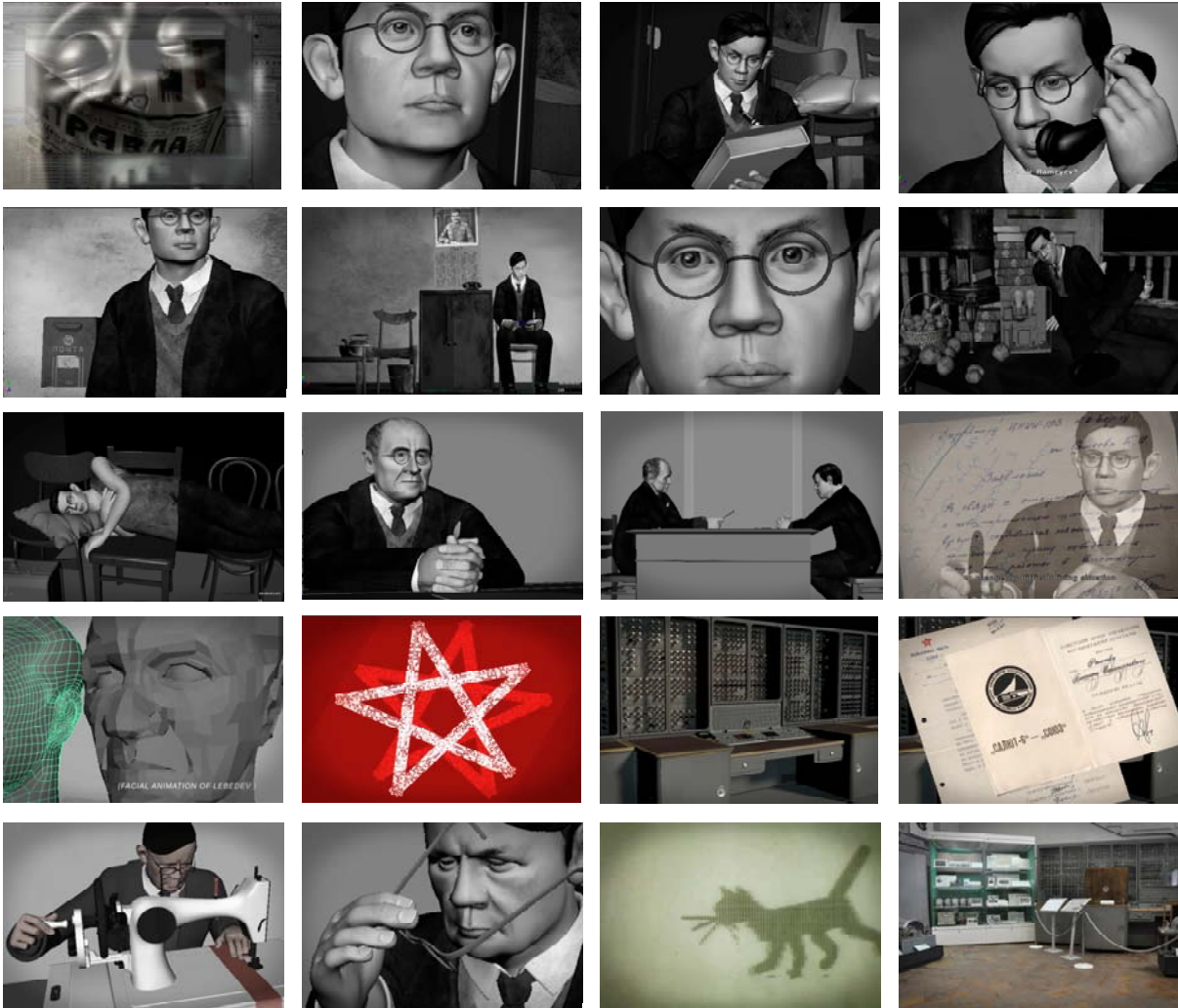
Project's unique visual approach: The project seeks to employ an appropriate representational format for the subject of computing history by venturing beyond the common reliance on live and archival footage. *System Preferences* is a rich amalgamation of computer-generated reenactments, 3D visualizations, 2D animations, motion graphics, archival footage and interviews. The film gives visual emphasis to computer interface components. Analogous to Liubov Popova's use of backstage theater machinery in the set for *Magnanimous Cuckold*, the project uses backstage software elements as the main vicinity of its production.

Project's relevance: The need for developing a more impartial and nuanced understanding of computer history can hardly be overstated. As personal, corporate and state dependence on computer technology deepens, it becomes imperative to more accurately assess, and more safely manage, complex landscapes of networked digital information. Illuminating the neglected chapters of computing history and contextualizing digital evolution within political, economic and cultural histories not only informs our understanding of existing cyber problems, but also furthers the objective of recording history accurately.

For those interested in affecting state and global policies, Rameyev's story may be a sobering call to action. Just as the Soviet system was exhausted by retarding its information technology, so can American system be greatly jeopardized by the frailties of its critical IT infrastructures. Rameyev's unrealized dream of developing a new operating system

from the ground up, a system that is more robust and secure than what is commonly accepted, is still a relevant dream. While Unix and Unix-like alternatives to Microsoft Windows exist, more remains to be done to transform individual net nodes and the global network systems into more governable realms.

For the “Net Generation” of youth entering the distressing economic landscape and facing fierce global competition for creative jobs, Rameyev’s story may provide inspiration. As a young person, Rameyev faced formidable obstacles: he was denied a past, because he was forced to be silent about his family and personal history; he was denied a present, because he was barred from finishing education, obtaining meaningful employment and having a place to live; he was denied a future, because career advancement and family life were seemingly impossible under such conditions. Yet, with all odds stacked against him, he was able to realize his creative potential, make significant contributions to science and stand by his convictions.



What Did the Americans Know?

A Review of Select Periodicals

Alex Bochanek
Computer History Museum
Mountain View, CA, USA

Abstract. The impact of American developments in computing on the work done in the former Soviet Union is well known. Less well understood is whether developments in the Soviet Union or other COMECON states influenced Western computing. Most of current and past historiography treats the work in the respective blocs as discrete, yet exchange of knowledge *did* occur.

This paper attempts to investigate knowledge diffusion about computing in the Soviet Union by looking at three publications aimed at different audiences: *The New York Times* daily newspaper, *Datamation* magazine, an early periodical aimed at data processing professionals, and *Soviet Cybernetics Review*, a specialist research publication.

It is shown that information about general computing work done in the Soviet Union was available in unclassified environments. Questions about the reliability, timeliness, and relevance of the information are explored.

Introduction

The Soviet Union, the countries of Eastern Europe, and the COMECON members are not a locus in the dominant narrative of computing history in the general English-language literature. Pre-electronic work on calculators, punched card equipment, and especially the late 19th century Russian census, have been addressed as part of a global story of automated calculation and statistics;¹ descriptions of the places, people, and systems developed in the age of electronics equivalent to Anglo-American developments are notably absent.

While pertinent papers by primarily European authors can be found in journals (most conspicuously in recent issues of the *IEEE Annals of the History of Computing*)² as well as conference proceedings and essay collections,³ the principal mention of the Soviet Union in broader computing history texts is within the context of the SAGE air defense system or the origins of the Internet.⁴ These descriptions rarely explore specific technical developments in the Eastern bloc, but rather focus on perceived threats to the United States and the political and technological responses to them.

Two notable exceptions to this tendency are found outside the main body of scholarship in two works. Paul Ceruzzi, in the introduction to his 1998 book *A History of Modern Computing*, makes the laudable attempt to define the term “computer” and acknowledges the importance of considering developments in the Soviet Union: “More research on the history of Soviet computing needs to be done.”⁵ The second, more comprehensive example is the appendix in Herman Goldstine’s 1972 classic book⁶, which details work done in Russia, East Germany, Czechoslovakia, and Poland.

It would be superficial to try to explain the virtual absence of Eastern bloc computing developments in the English-language literature as an attempt by the so-called winners to rewrite history; the more likely reason is the difficulty in accessing primary sources that are mostly in Russian or other languages in which Western scholars have limited expertise. Indeed, similar deficiencies can be observed in the area of Japanese computing.

This does however raise the following question: If primary sources are difficult to access, what contemporaneous secondary English-language sources did exist? Was there journalistic or scholarly analysis of computing developments in the Eastern bloc? How widespread was this coverage and did it promote awareness amongst the general public? In short, what did the Americans know? And how can these secondary sources provide the basis for an international computing history?⁷

Survey Scope

A survey of the three periodicals chosen – *The New York Times*, *Datamation* magazine, and *Soviet Cybernetic Review* – provides some insight into the flow of information about computing from the Eastern bloc to the United States. These publications targeted different publics and their presentation of developments by “the enemy” has to be understood within that adversarial geopolitical setting.

In an effort to limit the scope of this survey, a number of other publications are intentionally excluded. The most obvious omission is magazines, journals, and proceedings by professional organizations like the ACM or the IEEE. Overview articles by scientists who visited the Soviet Union were one source of information and at times were published in these and other venues.⁸ Specialist journals outside the computing field, especially those in mathematics, economics, and industrial and aeronautical engineering, likely offered complementary viewpoints. Archives of relevant papers for scholarly research are also not considered, the most significant of which in the United States is at the Charles

¹ Heide, Lars. *Punched-Card Systems and the Early Information Explosion, 1880-1945*. Johns Hopkins University Press, 2009.

² IEEE Annals of the History of Computing 28.3 (2006); IEEE Annals of the History of Computing 32.2 (2010).

³ Metropolis, Nicholas, ed. *A History of Computing in the Twentieth Century: A Collection of Papers*. Academic Press, 1980; Nash, Stephen, ed. *History of Scientific Computing*. ACM Press, 1990.

⁴ Redmond, Kent, and Thomas Smith. *From Whirlwind to MITRE: The R&D Story of The SAGE Air Defense Computer*. MIT Press, 2000; Hafner, Katie and Matthew Lyon. *Where Wizards Stay Up Late: The Origins Of The Internet*. Simon & Schuster, 1998.

⁵ Ceruzzi, Paul. *A History of Modern Computing*. 2nd ed. MIT Press, 2003.

⁶ Goldstine, Herman. *The Computer from Pascal to von Neumann*. Princeton University Press, 1972.

⁷ Schlombs, Corinna. “Toward International Computing History.” *IEEE Annals of the History of Computing* 28.1 (2006): 108, 107.

⁸ Feigenbaum, Edward A. “Invited papers—2: Soviet Computer Science, Revisited.” *Proceedings of the 1965 20th national conference (ACM ’65)*. ACM, 1965: 225-226; Feigenbaum, Edward A. “From Minsk to Pinsk Without Intourist.” *Datamation*. May 1965:34–36; Feigenbaum, Edward A. *Soviet Cybernetics and Computer Sciences, 1960. RM-2799-PR*. The RAND Corporation. Oct. 1961.

Babbage Institute.⁹ Finally, the endpoint for this survey is 1991.

Additionally, the author would be remiss not to point out the 1985 two-volume bibliography and timeline *Soviet Cybernetic Technology* as a reference for further research.¹⁰

The New York Times

Established in 1851, *The New York Times* is considered the United States' "newspaper of record"¹¹ with a peak average weekday circulation of 1.185 million copies in 1993¹². Targeting an educated audience and eschewing sensationalist reporting in favor of investigative journalism, *The New York Times* is widely available in the United States; sales outside the New York market began as early as 1910.¹³

The Times introduced electronic computing to its readers with a February 15, 1946 front-page article on ENIAC.¹⁴ Soviet developments did not appear in its pages until 1954 when, in a summary of an *Izvestia* article by Axel I. Berg, the use of "electronic computing and calculating instruments" was identified as critical to Soviet defense capability.¹⁵ More noteworthy, however, is a front-page article in 1955 that declared: "Soviet Electronic Brain Equals Best in U.S., Americans Find." The article, clearly about BESM, makes references to Sergey A. Lebedev who discussed some specifications of the machine and its language translation abilities.¹⁶

The New York Times articles are frequently sourced from *Pravda* or *Izvestia* or quote U.S. scientists, business people, or government officials. The focus of the reporting changes over the decades: In the 1950s and early 1960s, technical advances and applications in the fields of defense, economic planning, and language translation are emphasized.¹⁷ By the late 1960s and 1970s, the tone in reporting had changed: The computing "gap" and the attempts by the Soviet Union to catch up with the West, featured more prominently. This is especially apparent during the advent of the ES series of IBM System/360 compatibles in the early 1970s, which was greeted with much hope that these new machines might answer this challenge for the Soviet Union and its COMECON partners.¹⁸ During the years of *perestroika* and *glasnost*, the dominant themes shifted to trade, illegal exports of computers to the Soviet Union, and also alleged industrial espionage.¹⁹ The more civilized battlefield of computer chess received attention with the advent of computer chess championships.²⁰

While there was the occasional report on computing in the Eastern bloc, two accounts, one short and one long, stand out. In a terse five paragraphs, next to advertisements for Christmas cards and gifts, Willis Ware of the RAND Corporation recounted the 1959 visit by an American delegation to the Soviet Union – the very visit that eventually led to the creation of *Soviet Cybernetics Review*.²¹

The other article is more substantial: A full six pages in *The New York Times Magazine* offered the reader a glimpse into the world of Russian computing.²² The contentious ideological history of Norbert Wiener's cybernetics in the Soviet Union provided the backdrop for a report on the *realpolitik* of the time. A predictable assessment of the "computing gap," this time by IBM's chief scientist, completed this very readable story.

Datamation Magazine

Datamation magazine was first published in October of 1957 under the unwieldy title "Research & Engineering – The Magazine of Datamation."²³ The success of a publication solely dedicated to information processing at this early point in time was questionable, but circulation of the twice-monthly subscription magazine reached 24,000 in its second year.²⁴ Despite some ups and downs, especially in the 1970s, 199,000 monthly copies were printed when the magazine went to a Web-only format in 1998.²⁵

Datamation's primary audience was the professional in the fledgling computing field – computer users as well as computer makers began considering *Datamation* a "must-read." The tone of the articles was oftentimes humorous, controversial, and sometimes verging on offensive by today's standards. The advisors to the magazine were of a very high caliber and *Datamation* wielded significant influence in the field.²⁶

⁹ "Russian, Soviet, and Eastern Bloc Computing Collection, 1956-1996. Finding Aid." *University of Minnesota Libraries Online Finding Aids*. University of Minnesota Libraries. Charles Babbage Institute, 2006. 21 July 2011. <<http://discover.lib.umn.edu/cgi/f/findingaid/findingaid-idx?c=umfa;cc=umfa;rgn=main;view=text;didno=cbi00148>>.

¹⁰ Weinberger, George M. *Soviet Cybernetic Technology: A Timeline, Researcher's Data Base, and Guide to Professional Literature from Early First Generation Through Third Generation*. University Press of America, 1985.

¹¹ "The New York Times." *Encyclopædia Britannica Online*. Encyclopædia Britannica, 2011. 15 July 2011. <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/412546/The-New-York-Times>>.

¹² "The New York Times Company Form 10-K Fiscal Year 1995." *EDGAR*. U.S. Securities and Exchange Commission, 2011. 15 July 2011. <<http://www.sec.gov/Archives/edgar/data/71691/0000950112-96-000742.txt>>.

¹³ "The New York Times Timeline." *The New York Times Company*. The New York Times Company, 2011. 15 July 2011. <<http://www.nytc.com/company/milestones/timeline.html>>.

¹⁴ Kennedy, Jr., T.R. "Electronic Computer Flashes Answers, May Speed Engineering." *The New York Times*. 15 Feb. 1946: 1+.

¹⁵ "Electronics Gain Hailed by Soviet." *The New York Times*. 9 May 1954: 50.

¹⁶ Hangen, Welles. "Soviet Electronic Brain Equals Best in U.S., Americans Find." *The New York Times*. 11 Dec. 1955: 1+.

¹⁷ Schmeck, Jr., Harold M. "Translating Gain by Soviet is Cited." *The New York Times*. 17 Sep. 1959: 14.

¹⁸ Shabad, Theodore. "Moscow Unveils Computer System." *The New York Times*. 7 May 1973: 9.

¹⁹ Schuyten, Peter J. "Soviet's Univac Arouses Concern." *The New York Times*. 3 Jan. 1980: D2; Associated Press. "Big Role in Soviet Computers Laid to Rosenberg Associate." *The New York Times*. 19 Sep. 1983: B14.

²⁰ Byrne, Robert. "Chess: Soviet Computer Defeated, Or, Sic Transistor Gloria." *The New York Times*. 5 June 1978: C18.

²¹ "Soviet Held Gaining in Computer Design." *The New York Times*. 3 Dec. 1959: 7.

²² Parry, Albert. "The Russian Are – Computing." *The New York Times Magazine*. 28 Aug. 1966: 24+.

²³ Head, Robert V. "Datamation's Glory Days." *IEEE Annals of the History of Computing* 26.2 (2004): 16–21.

²⁴ "Look Ahead." *Datamation*. May 1976: 210.

²⁵ "Venerable IS journal folds up." *Computerworld*. 19 Jan. 1998: 16.

²⁶ "Oral History of Robert L. Patrick / First Person Essay. X3804.2007" *Computer History Museum*. 16 Feb. 2006: 43–50.

During its print run, *Datamation* covered Soviet computing to a surprising extent. Not only did short news items appear in the “Look Ahead” or the early, more internationally focused “Abroad” columns, but larger feature articles were not uncommon. Indeed, the cover of the November 1963 issue showed a stylized Russian building with the computer names MESM, BESM, URAL-4, and M-20 emblazoned on it. Most of those feature articles tended to be surveys and, by the 1970s, extensive discussions of the ES series.²⁷ RAND researchers contributed some of the articles: Paul Armer discussed Soviet cybernetics in 1963; Wade Holland provided information on the BESM-6 and the impending third generation architecture.²⁸ Survey articles expanded beyond the Soviet Union to other COMECON countries and China.²⁹

A passionate plea for more open exchange of information by then editor Harold Bergstein, following a tour of the Soviet Union by *Datamation* staff, stands out in the August 1962 issue. After the obligatory mention of the reports from the 1959 visit by a U.S. delegation and references to the surveys published, the editor exclaimed: “On the whole, however, the dearth of information is appalling.” His proposal was to exchange publications between the two nations to gain a better understanding of their mutual capabilities.³⁰

In line with the larger geopolitical changes, *Datamation*’s reporting mirrored the themes that *The New York Times* covered. Trade was a major factor; an article by Control Data Corporation chairman William Norris in 1978 laid out a way to do “High Technology Trade with the Communists.”³¹

Soviet Cybernetics Review³²

The origin of *Soviet Cybernetics Review* (SCR) lies in the abovementioned visit by a U.S. delegation of scientists to the Soviet Union in 1959 – the second part of an exchange of visits between the two countries in that year. Two of those scientists were Willis Ware and Paul Armer of the RAND Corporation think tank. As a result of this visit, Wade Holland, the eventual editor of SCR, was hired by RAND in 1962 to work as a translator for Russian-language correspondence and articles. Within three years, a department of about four people was engaged in the translation of materials concerning computing in the Soviet Union.

There were several factors that led to the creation of SCR. Initially Wade Holland translated personal correspondence. At that time, two RAND researchers (R. E. Levien and M. E. Maron) began work on inference databases and were investigating possible datasets to use for their new system. A “sociology of Soviet computing,” the data generated by Holland’s translation project, was to become the test case for their system and a research memorandum was published on this work in 1969.³³ It is important to point out that Holland’s background is not in computing, but in the Russian language, and that the initial objective of the translation work was to provide information to RAND researchers about the people and places doing the work, not necessarily about the systems developed. A side effect of this work was the creation of a Russian–English dictionary of computer terms that Holland created in cooperation with Willis Ware.³⁴

As the project grew in scope, the conscious decision was made to solely collect open information. Lists of books were acquired from Soviet publishing houses and publications ranging from daily newspapers to books by The Academy and universities were collected in a library at RAND that contained a large number of volumes. Avoiding information obtained covertly was also intended to show to the CIA that the quality of intelligence gathered was on par with what could be accomplished using espionage techniques. During the work on the project, it did become clear to the people at RAND that some misinformation about the computing advances in the Soviet Union was published intentionally; this does not however challenge the usefulness of the RAND publications per se, but it emphasizes the need for multiple sources to the historian.

An extensive report of the 1959 visit was published as a RAND Research Memorandum as well as in other journals.³⁵ Following some other reports, a series of research memoranda entitled “Soviet Cybernetics Technology” was issued by RAND, which were available outside the organization by request. The first document in the series was a collection of translated papers from 1959 through 1962; the papers that followed were more topical in nature.³⁶ Holland’s team came across interesting pieces of information during their research and decided to initiate an informal publication series entitled *Soviet Cybernetics: Recent News Items* (SC:RNI). The choice of the word “cybernetics” for the titles of these series emphasized the Soviet view of computing, an aspect of computing history that is the extensively explored in Slava Gerovitch’s 2002 book.³⁷

²⁷ Capla, V. P. “A Computer Survey of the Soviet Union.” *Datamation*. Aug. 1962:57–59; “Contemporary Soviet Computers.” *Datamation*. Nov. 1963:24–29; Szuprowicz, Bohdan O. “Soviet Bloc’s RIAD Computer System.” *Datamation*. Sep. 1973:80–85; Reifer, Donald J. “Snapshots of Soviet Computing.” *Datamation*. Feb. 1978:133–138.

²⁸ Armer, Paul. “Attitudes Toward Intelligent Machines.” *Datamation*. Apr. 1963:29–32; Holland, Wade. “The BESM-6 Computer.” *Datamation*. Aug. 1967:26–28; Holland, Wade. “Soviet Computing, 1969: A Leap Into the Third Generation?” *Datamation*. Sep. 1969: 55–60

²⁹ Szuprowicz, Bohdan O. “Computers from Communist Countries.” *Datamation*. Sep. 1976:79–86; Szuprowicz, Bohdan O. “China’s Computer.” *Datamation*. June 1975:83–88.

³⁰ “Editors’ Readout.” *Datamation*. Oct. 1962: 23–24.

³¹ Norris, William C. “High Technology Trade with the Communists.” *Datamation*. Jan. 1978:99–103.

³² Holland, Wade. Telephone interview. 6 May 2011.

³³ Holland, Wade. Relational Data File: Input to an Experimental File on Soviet Cybernetics. RM–5622–PR. The RAND Corporation. Feb. 1969.

³⁴ Holland, Wade. Russian-English Dictionary of Cybernetics and Computer Technology. RM–5108–PR. The RAND Corporation. 1966.

³⁵ Ware, Willis, ed. *Soviet Computer Technology – 1959*. RM–2541. The RAND Corporation. 1 Mar. 1960; Ware, Willis, ed. “Soviet Computer Technology – 1959.” *Communications of the Association for Computing Machinery* 3.3 (1960): 131–166; Ware, Willis, ed. “Soviet Computer Technology – 1959.” *Transactions on Electronic Computers*. Institute of Radio Engineers. Mar. 1960: 72–120.

³⁶ Ware, Willis and Wade Holland, eds. *Soviet Cybernetics Technology: I. Soviet Cybernetics, 1959–1962*. RM–3675–PR. The RAND Corporation. June 1963.

³⁷ Gerovitch, Slava. *From Newspeak to Cyberspeak. A History of Soviet Cybernetics*. MIT Press, 2002.

SC:RNI ran from 1967 until the middle of 1969, when it became *Soviet Cybernetics Review*. RAND chose to make *SCR* available on request and then on a subscription basis starting in March of 1972. Six issues per year were available at the annual rate of \$48; a not insignificant amount of money at the time, but accessible to the large government institutions and libraries that subscribed. Subscribers were rigorously screened, but there is anecdotal evidence that suggests *SCR* was a valued source for Soviet engineers and scientists who read it to find out about work done in their own country. Detailed information about the subscriber base does not appear to exist any longer.

SC:RNI and *SCR* were initially published monthly and went to a bi-monthly cycle in 1971. *SCR* ceased publication with the May/June 1974 special issue on the ES series of computers. A decreasing emphasis on computing developments unique to the Eastern bloc and internal RAND issues concerning its primarily military funding led to this decision.

The content of *SC:RNI* and *SCR* was broad and deep: They included translations of articles, commentary and feature articles by RAND staff, brief news items, press summaries, and biographies. The scope ranged from detailed hardware and programming descriptions to articles critical of state policy or stories on the public perception of computing. Different computing histories were represented, from theoretical computer science to applications in process control or medicine, from small accounting machines to supercomputers, analog and hybrid simulators to educational systems. Photographs, tables, diagrams, charts, and even the occasional cartoon were reprinted. The vast majority of content concerned the Soviet Union, but other COMECON countries' developments were mentioned; an article on computing in China appeared.³⁸

The run of *SC:RNI/SCR* was relatively short (1967–1974), but one particular topic dominates the last three years of its publication. The development of the ES series (also known as the Unified series or *Ryad*) takes center stage. Stories of computer exports by Britain's ICL or the American computer makers IBM and CDC also appear in the early 1970s.³⁹

Conclusion

The three periodicals surveyed here show a range of materials. Clearly, information about developments of computing in the Soviet Union was made available to the different American publics outlined. The relevance of these sources to the scholar varies. Journalism's breadth comes at the expense of the kind of descriptive detail the historian is often seeking. The quality and reliability of the journalist's original sources have to be questioned; the intent of information provided by the Soviet press is but one area to be considered. The delay incurred by the Soviet publishing cycle and the subsequent translations further complicates the selection of sources to the historian.

The New York Times articles rarely offer investigative depth, but their social and cultural settings can seldom be found in the more internalist publications. Considering the concision and topicality mandated by the newspaper format, their primary utility to the technology historian might lie in their contextualizing power. It is advisable to view *The New York Times* critically, despite or possibly because of its standing. An enlightening review of *The New York Times*' leanings on matters concerning the Soviet Union was explored as far back as 1946,⁴⁰ more modern periodical studies may be able to offer additional insight.

The extent of reporting on Soviet computing in *Datamation* magazine beyond short news items is surprising. There was an apparent awareness of the interest on the part of their readership and successful cooperation with authors who were familiar with the field. *Datamation* was a U.S. magazine, with a strong voice and as such could be tendentious. The early technical features were pithy and the language offers insight into the mentalities of the technical authors and their readership. It may prove useful to forgo the later articles concerning questions of trade or policy however, as business and news journals likely provide better sources.

The RAND publications are an outstanding reference for any research on the topic of Soviet-era computing until the mid-1970s. Selection of texts is an interpretive act. But the breadth of primary sources chosen for translation and the commentaries in *SC:RNI* and *SCR* elevate these series above other secondary sources. The analyses and feature articles offer hermeneutical integrity, which might be attributable to the RAND team's linguistics background.

SCR's distribution into the Soviet Union could be a productive research area in itself. The cited anecdotal evidence suggests that *SCR* served as a trading zone between different communities of researchers within the Soviet Union. This subject deserves further investigation.

This paper is just a starting point. It is neither intended to be comprehensive nor quantitative nor does it offer significant interpretation of the surveyed periodicals. It is meant to encourage American scholars to consider the above and other sources when producing comparative or truly international computing historiography. It may also provide inspiration for science journalists who seek to popularize the notion of a historical Soviet computing tradition to a broader, non-academic audience. Some very approachable examples of this already exist;⁴¹ further exploration of this topic could foster a greater understanding of the parallel technology histories of the two superpowers during the Cold War.

³⁸ Holland, Wade. "Perspectives on Chinese Computing." *Soviet Cybernetics Review*. Jan. 1973: 19–24.

³⁹ Holland, Wade. "Breaking into the Soviet Market: The ICL Sale." *Soviet Cybernetics Review*. Nov. 1970:3–5; "IBM Scores 360 Sale." *Soviet Cybernetics Review*. Mar. 1973: 5.

⁴⁰ Kriesberg, Martin. "Soviet News in the 'New York Times.'" *The Public Opinion Quarterly* 10.4 (1946): 540–564.

⁴¹ Hally, Mike. *Electronic Brains: Stories from the Dawn of the Computer Age*. Joseph Henry Press, 2005.

Production of Original-Odhner Arithmometers in Russia, Sweden and Soviet Union, 1912-1928

Timo Leipälä
timo.leipala@saunalahti.fi

1. Introduction

After W. T. Odhner's death in September 1905 the economic affairs of the company were managed by his older son Alexander (1873–1918). The technical director was Odhner's cousin and son-in-law Valentin Odhner (1867–1956) married with Alma Amalia Odhner (1877–1950). Around 1905 engineer Karl Siewert (1882–1964), another son-in-law of Odhner, married in 11.3.1905 with Julie Odhner (1882–1970) also started to work at the company. Odhner's younger son Georg (1880–1910) graduated as an electrical engineer from Berlin and married Siewert's sister Martha (1880–1981). He was a representative of Vacuum Oil in St. Petersburg even though his death announcement in St. Petersburg Zeitung suggests that he also worked for the family company. After Georg's death Alexander divorced from his wife and married the widow. Odhner had still two daughters Irma (1888–1942) married with Karl and Martha Siewert's brother Reinhold Siewert (1883–1937) and Olga (1890–1974) married with her cousin Konstantin Wildtgrube (1883–1957). Irma and Olga with their families remained in Soviet Union after the October 1917 revolution, but the other members of the family emigrated to Sweden [11]. The children and grandchildren of W. T. Odhner went into reformed church school (reformierte Kirchenschule, Петербургское училище при реформатских церквях), where the education was held in German till 1914, when the use of German language was prohibited in Russia. All Odhner's children except Alma had Baltic German spouses, so they talked German at home and even wrote letters to Swedish relatives in German. Because the nationality of Irma, Olga and their husbands in passports was German, they were later declared to be enemies of the people and had to leave Leningrad even though they were not real Germans.

The production of arithmometers after 1905 continued, but several improvements were made to the original design. All the patents were obtained by Valentin Odhner, but according to Karl Siewert [12] the tabulating mechanism to move the carriage used in Swedish Odhner arithmometers still 1970 (Russian patent № 18477, 28.11.1911, US patent 996667, 4.7.1911) was in fact invented by Edvard Kuikka. Improvements in register clearing mechanism (Russian patent 17990, 30.9.1910, US patent 993708, 30.5.1911, UK patent 191028465, 8.6.1911) was invented by a Russian worker of Odhner factory [19]. Probably the inventor was also Kuikka even though he was a Finn, but Finland then belonged to the Russian imperium. Kuikka himself describes these novelties [14], but acknowledges only a redesigned signal device as his own construction. The son of Kuikka claims that his father made 17 inventions that led to international patents [9] and should also have obtained some compensation for them. Most of these were, however, made in Göteborg for the Swedish Original-Odhner company. An interesting new feature is also the friction free register clearing system of 1909 (Swedish patent 324153), which is a further development of the improved register clearing mentioned above. Only half a revolution turn of the wing nut is needed to turn and very little power is needed. The system was available for both registers or only for the result register on the right hand side of the arithmometer.

Advanced models with these improved features were for the most part exported. At least the collections of the Polytechnical Museum in Moscow and Russian internet collections seem to consist only of the basic models without any extras.

2. Time 1912–1917 in St. Petersburg/Petrograd

In 1912 the Odhner company was restructured as a joint stock company "Heirs of Odhner" with Karl Siewert as the managing director. He was a quite self-conscious person and started at once to reform the production system of the factory. As he later wrote he had to take fresh forces to modernize the factory. Thus he ousted Valentin Odhner, who then started to work at the St. Petersburg branch of Swedish telephone company L. M. Ericsson [10], and promoted tool maker Edvard Kuikka at the assembly department to workshop foreman. With the help of Kuikka Siewert then planned a reform of the production process. Up to this time the assembly was made by independent highly qualified worker-entrepreneur groups making the whole assembly with help of apprentices. Siewert wanted to divide the assembly in as many stages as possible to make the factory more independent of expensive skilled workers. Naturally the young master Kuikka had to endure the resentment and hatred of the workers, which, as they later confessed, was completely unfair. To give the necessary emphasis on his will Siewert felt obliged to close the factory for six weeks, during which time not only all operating lists and piecework payments could be reworked, but also the entire workshop was reorganized. After some months the production of arithmometers was about three times as large as before [12].

The attitude of Siewert to the workers was clearly quite harsh and there exists much information about the strikes at the Odhner factory in the Soviet era literature considering the condition of workers. A vivid description of the life of young workers at Odhner factory in 1912 can be found in [33].

In 1912 the factory employed 159 workers. The yearly sales was 279993 rubles of which 101000 rubles came from arithmometers and 150000 rubles from typographic machines [28]. One year later in 1913 the yearly sales was 375000 rubles and the number of workers 177 [34]. In 1914 the world war was going on and the factory got many military orders. Then the amount of workers was already 250, yearly sales 350000 rubles and main products besides arithmometers also brass castings, sights and range finders [35]. According to [29] the amount of workers in 1.1.1917 was 279 and

the main products during the war years were automatic presses for the manufacture of cartridge cases and mechanical airplane parts. The central military-industrial committee proposed the production of machine guns, but Odhner factory refused [16].

After the start of the world war I the name St. Petersburg was changed into a Russian form Petrograd in august 1914. This information can be used in dating the arithmometers. The first Odhner arithmometer made in Petrograd that I know has serial number 20965. According to [14] ca. 30000 arithmometers were made in St. Petersburg factory. It seem to be a good estimate, because at least serial number 27658 is known.

The only Russian Odhner price list [20] describing different models that I know was printed 1914. It includes 15 models, which is a much smaller amount than 24 mentioned by Kuikka in [14]. Of these 6 were A models with calculating capacity of 13, 4 B models with capacity of 15 and 5 C models with capacity of 18 digits. The prices of A models vary between 200 and 360 rubles, B models between 240 and 400 rubles and big C models between 240 and 495 rubles. Models with tabulator and friction free clearing only on the right side, and tabulator with normal clearing were no more in the production palette. One russian instruction manual [30] from that time is known.

3. Revolution and Nationalization

As in every other factory in Petrograd, much time at the Odhner factory went to meetings of the workers. Some resolutions of these have been published, for example in Pravda 30.3(12.4).1917 [25] and Novaia zhizn 1.11(14.11).1917 [26]. Naturally there were several strikes and as protest the management closed the factory in july 1917. The workers then decided in 12.7.1917 to continue the production [23]. A factory committee and armed red guard were also formed. Karl Siewert has written a little about difficulties in managing the factory at this time [12]. In november 1917 a delegation of Odhner workers prevented a payment to the company for delivered products claiming that Siewert will escape to Sweden with the money. Because of that Siewert then did not pay the wages on the following day and then the armed workers stopped shipping of an arithmometer order. As seen in protocols of factory committees Siewert did not accept workers control [24] and decided to leave the factory at the end of november 1917. After that he staid at his dacha in Iukki (Юкки) a little north of Petrograd and the factory was managed by workers. The number of workers in 1.4.1918 was 238 and thus a little less than at the beginning of the previous year [29].

The nationalization protocols have been published in [21]. They inform that in august 1918 the amount of personnel in the factory was about 250 of which 35 were clerks. In addition about 160 persons were laid off. Enough skilled workers were available, but there was a shortage of office clerks. The factory was in good condition, well equipped and had enough fuels and raw materials. There existed orders for 9 Orlov printing presses ordered by the provisional government of Kerenskii to produce new bank notes (see also [17]) and automatic presses for the manufacture of cartridge cases needed by artillery. As the only Russian calculating machine factory the company was very important to soviet economy and was nationalized in September 1918.

During the first half of 1919 most metal factories of Petrograd produced material for railway traffic, red army and red navy. Odhner factory was one of the three general machine building factories working then at Petrograd [22].

In 1923 W. T. Odhner's widow Alma Odhner living then in Stockholm claimed from Soviet Union for the factory building 550000 rubles, inventory 1100000 rubles, raw materials 400000 rubles, finished products 1000000 rubles and bank deposit 40000 rubles, making together 3090000 rubles. In addition to these claims she also wanted to receive 57200 rubles for personal property including two dachas at Iukki and 32000 rubles for furniture etc. [1]. Naturally she did not get anything.

4. Sushchevskii Factory in Moscow

In 1919 general Iudenich with his white army approached Petrograd and Lenin himself gave the strict order of evacuation of Odhner factory with personnel, machines and other inventory to Moscow 20.7.1919 [32]. In november the operation was completed [37]. In Moscow Odhner factory was merged with factory "Tovarishchestvo Sushchevskogo zavoda nesgoraemykh shkafov i kukhodnykh plit" (Товарищество Сушевского Завода несгораемых шкафов и кухонных плит) producing safes and stoves and placed in its buildings. The name of the new factory was "Sushchevskii mekhanicheskii zavod im. Dzerzhinskogo" (Сушевский механический завод им. Дзержинского) at the address Сушевская, д. № 22. In the beginning it belonged to Trestputi trust but from september 1923 to Mossred-prom trust [18].

It took a long time before the production of arithmometers could take place. This must be caused partly by problems with materials, fuel and skilled workers. During season 1924–1925 the plant produced the first 819 arithmometers being 130% of the planned amount 630. The director of the factory was then worker V. M. Kol'tsov and the deputy director engineer F. V. Drozdov [18]. Drozdov was a well-known specialist who wrote a book [19] and several articles about calculating machines and later became a professor of precise mechanics.

The arithmometers produced in Moscow 1924–1928 were made with drawings from Odhner factory and were still called Original-Odhner but using the new 1918 orthography. They are identical with the Ag model with bell and decimal tabs made Petrograd but of course equipped with a new logo. Two different logos exist, the older round one resembling more the Odhner logo. Also the serial numbers seem to go continuously the smallest known number being 31731.

The amount of arithmometers produced at the Sushchevskii factory was only about 30% of the amount needed in Soviet Union and during the first half year of 25/26 calculating machines were imported for 123000 rubles. Besides of that the soviet Original-Odhners were in many ways inferior to foreign calculating machines and also more expensive.

The sales price in summer 1926 was 331 rubles while the prices of foreign arithmometers varied between 120 and 200 rubles. For example the manufacturing cost of an arithmometer at Sushchevskii factory was 260 rubles and at Swedish Original-Odhner factory only 90 rubles. [36].

In february 1927 began the design of a new arithmometer model which should be modern, small and suitable for mass production. The construction was led by young engineer Margulis. The project was completed 7.11.1927 and the new arithmometer presented to the party organization and board of the factory [37]. A description and photo of the prototype appears in [15] but it is still nameless. This prototype has frictionless clearing facility for both registers, but this feature was evidently not realized in the actual production. The official introduction was promised to be held 1.5.1928. Later this arithmometer was named Feliks and its first instruction manual [27] was published in 1928 in 500 copies.

5. Swedish Original-Odhner Company

The life in Petrograd during the revolution time was not quite comfortable and the Swedish embassy advised all swedes to return to Sweden. Alexander Odhner was still a Swedish citizen and decided to go to Sweden for a few weeks waiting there till the situation would be more peaceful. 14.11.1917 he together with her wife and the 4 children of Georg Odhner started the long railway trip to Sweden through northern Finland. They had with them only normal travel luggage needed for a short trip and all articles of value were placed in the safe of the Odhner factory. Alma Odhner, the widow of W. T. Odhner came to Sweden a little later in June 1918 [1].

During the war the production of calculating machines in Europe was very small but the demand was, however, quite great. Sweden did not participate in the war and at this time several other calculating machine plants were founded there, the most important of them being Facit and Addo. Soon Alexander Odhner began to study the possibility of founding a calculating machine factory in Sweden. He had no money with him, but succeeded to find investors for the enterprise. Among them were his second cousins Sven and Erik Wingquist of which Sven was the well known inventor of the spherical ball bearing and at that time the president of the Swedish ball-bearing company S.K.F. in Göteborg. As early as 13.12.1917 a proposal for agreement between the founders of a Swedish joint-stock company for the manufacture of Odhner calculating machines was signed by Alex. Hj. Odhner and representatives of the new company. Karl Siewert remained in Iukki and was kept informed about the negotiations. For example he sent recommendations about the needed dimensions for the factory in a telegram sent 5.1.1918. At the end of January 1918 Siewert arrived to Sweden without his family. The final contract of forming the company called "Aktiebolaget Original-Odhner" situated in Göteborg was signed 1.2.1918. The company took over all legal rights of the Russian Odhner firm and produced only calculating machines. Hugo Schaumann was appointed as the managing director. The company rented provisional factory space and began the production of tools and special machines for the manufacture [14]. The capital stock of the new company was 3 million crowns of which 536000 crowns was estimated to be the value of the patents and know-how [5].

The foreman to organize production was Albin Kling, who hired the first 5 workers in July 1918. The beginning of the production was not very fast, because not all of the construction drawings were available and the special tools and machines had to be made. Edvard Kuikka also emigrated to Sweden invited by Siewert and naturally had much know-how on the practical aspects of the manufacture. He spoke Russian and Finnish and had communication problems with Kling in the beginning [3]. According to his son, Kuikka provided the drawings to Sweden [8] and not Siewert as claimed by the the history of Odhner [14]. Siewert visited Soviet Union in the latter half of 1918 to fetch his family, but he staid at Iukki and did not dare to go the factory.

At the Göteborg fair in may 1919 ten handmade Odhner arithmometers were already presented. One of them functioned and the others stood in a showcase behind glass doors. A new magnificent factory building was completed in the beginning of 1920 and it consumed a great part of the capital of the company [3]. In 1919 the company also bought for 500000 crowns all shares of competing Swedish firm "AB Svenska Räknemaskiner" established 1918 in Malmö to exploit the inventions of mechanic W.O.J. Andersson [4]. With this purchase Odhner also secured themselves of the first-class tool machinery that the company in Malmö had procured. In autumn 1920 Original-Odhner employed 450 persons and had produced some hundred calculating machines, but then began difficult times. The demand of products crashed and in spring 1921 the personnel consisted only of 10 officials and 6 workers [3]. Hugo Schaumann then left the company and was succeeded by Hans Herlitz who successfully served as the director of Original-Odhner until his death 1942.

The relations between workers and the direction were not good during the first years. The salaries were small and there were often strikes. The first strike lasting 6 weeks occurred already in 1919. The workers were also hungry and too tired to make overtime work [3].

AB Original-Odhner could never pay any dividends for its shareholders and in 1923 it had used its capital and was taken over by bank "Skandinaviska Banken", which owned all the shares till 1934. At the beginning the new company was called AB Nestor its capital being 420000 crowns [6]. One year earlier the competing Swedish calculating machine company Facit owned by Axel Wibell also became insolvent and taken over by a bank [13].

The serial production of Swedish Odhners started in 1920 and the machines made before 1923 were called Arithmos and instructions [7] were printed. Arithmos calculators are otherwise identical with the Russian Odhners but the crank holder was of different form. Five different models were made, all with 13 digit calculating capacity:

- 1) Arithmos 1, basic model,
- 2) Arithmos 2, with frictionless clearing of both registers,
- 3) Arithmos 3, with frictionless clearing of both registers and tabulating keys,
- 4) Arithmos 4, with frictionless clearing of both registers, tabulating keys and security facilities,
- 5) Arithmos 5, with tabulating keys.

Of these Arithmos 5 is by far the most common. New, much smaller models were introduced in 1923. Of them the most remarkable is the LuSiD model which was capable of calculating in old English currency, where 1 pound was 20 shillings and 1 shilling 12 pennies.

It is interesting to notice that during the NEP period, AB Original-Odhner studied possibilities of founding a concession factory in Soviet Union. Several letters written 1924–1927 concerning this enterprise between soviet officials and Original-Odhner have been preserved in the Facit archive, Åtvidaberg, Sweden [2]. This project was never realized, but a Russian instruction booklet of the Swedish Original-Odhner arithmometers [31] was published in 1926. However, Original-Dinamo arithmometer made in Kharkov around 1935–1940 seems to be almost identical copy of the basic model 7 of Swedish Original-Odhner.

6. Odhner Universal Calculator

For the sake of completeness one can still mention "Odhner Universal Calculator Aktiebolag" company founded in Sweden by Valentin Odhner. He arrived in Sweden in January 1918 and worked 1918–1926 as a free inventor obtaining several international patents for the new Odhner Universal calculating machine, for example US patents №1348575-1348576, 3.8.1920 (Calculating-machine); №1355565, 12.10.1920 (Transfer mechanism of calculating machines); №1377269, 10.5.1921 (Transfer mechanism of calculating machines); №1388746, 23.8.1921 (Supporting means of the ten-pin, hundred-pin, etc., of the calculating wheels in calculating machines); №1440028, 26.12.1922 (Calculating wheel of calculating machines); №1510100, 30.9.1924 (Calculating machine); №1534242, 21.4.1925 (Calculating machine); №1594749, 3.8.1926 (Device for indicating the number of revolutions of rotating machine elements). The company was founded, stock certificates were printed etc. However, the production was never started and Valentin Odhner began 1926 again to work for L. M. Ericsson, this time at their Budapest branch [10].

Acknowledgements: I express my thanks to The National Library of Finland, Turku university library, National Library of Russia, National library of Sweden, National archive of Sweden, Facit archive at Åtvidaberg, Universitätsbibliothek Erlangen-Nürnberg, Lennart Odhner, Bengt Sundin, Rolf Jinton and Tat'iana Bugrii

References

1. Claims of property left to Soviet Union by Alma Odhner & Martha Odhner, Kungliga utrikesdepartementet, Sweden
2. Concession papers of Original-Odhner, FHA 315, Facit arkiv, Åtvidaberg
3. En av tio snurror på måssa fungerade, Ciceronen: Åtvidabergsföretagens tidning, 1968, № 2, p. 12
4. Gothenburg (Schweden), Die Büro-Industrie, 1919; № 16, p. 389
5. Gründung einer grossen Rechenmaschinen-Fabrik in Schweden, Die Büro-Industrie, 1918, № 4, p. 42–43
6. Gustafsson: 33 år med Original-Odhner, typescript, 9.4.1956
- 7.Handledning i maskinräkning, Arithmos Sverige, 1921, 24 p.
8. Kuikka George: Letter to Rolf Jinton (in Swedish), 25.9.2000
9. Kuikka George: Letter to Rolf Jinton (in Swedish), 3.2.2002
10. Odhner Valentin Jakob, Svenska teknologföreningen 1861–1936. Biografier redigerade av Govert Indebetou och Erik Hylander. Del I, födelseåren 1811–1884, 1936, p. 323–324
11. Segerstedt Bengt: Odhners historia. En skildring om en släkt och dess hembygd, 1987, 252 p.
12. Siewert K., Kling A. & Andréasson A.: Der Beginn der Odhner-Arbeit in Schweden, Die Original-Odhner Zeitung, № 6, 1928, p. 1–6
13. Sägval-Ullenhag Kersti: AB Åtvidabergs förenade industrier med föregångare, 1970, 268 s.
14. Wassén Henry: Odhners historia. Illustrerad krönika över en maskin att räkna med. Ett apropå till 100-årsminnet av W. T. Odhners födelse, 1945, 71 p.; in English: The Odhner history. An illustrated chronicle of a machine to count on, 1951, 67 p.
15. Арифмометр "Оригинал-Однер", Механический завод имени тов. Дзержинского, [1928], 15 с.
16. Барсуков Е. З.: Артиллерия русской армии (1900–1917 гг.). Том II, часть III. Артиллерийское снабжение, 1949, 342 с.
17. Вознесенский С. В.: Сто лет Экспедиции заготовления государственных бумаг 1818–1918. Историческая памятка, 1918, 56 с.
18. Государственный Московский трест средней и мелкой промышленности "Моссредпром". Краткий обзор деятельности с 1923 г. по июль 1925 г., 1925, 53 с.
19. Дроздов Ф. В.: Счетные машины и производство вычислений механическим путем, 1926, 72 с.
20. Краткий прейс-курант счетных машин Оригинал-Однер, [1914], 4 с.
21. Национализация промышленности и организация социалистического производства в Петрограде (1917–1920 гг.). том I, 1958, 384 с.
22. Национализация промышленности и организация социалистического производства в Петрограде (1917–1920 гг.). том II, 1960, 422 с.
23. Октябрь 1917 года в Петрограде. Обзор документов государственных архивов Ленинградской области, 1958, 123 с.
24. [Рабочий контроль и национализация промышленных предприятий Петрограда в 1917–1919 гг. т. 1: Рабочий контроль в промышленных предприятиях Петрограда 1917–1918 гг. Сборник документов, 1947, 492 с.
25. Резолюция рабочих Однера, Правда, 1917, № 21, 30 марта (12 апреля)
26. Резолюция рабочих Однера, Новая жизнь, 1917, № 169, 1 ноября (14 ноября)
27. Руководство к арифмометру "Феликс". Сушевский механический завод им. тов. Дзержинского, 1928, 14 с.
28. Список фабрик и заводов Российской империи. Сост. по офиц. сведениям Отд. промышленности Министерства торговли и промышленности, 1912, 720 с.

29. Список фабрично-заводских предприятий Петрограда. По данным на апрель 1918 г., 1918, 64 с.
30. Счетная машина "Оригинал-Однер". Производство исключительно на механическом заводе В. Т. Однера, 1912, 29 с.
31. [Счетная машина Оригинал-Однер, Акционерного общества Оригинал-Однер в Готенбурге в Швеции, Göteborg, 1926, 41 с.
32. Телеграмма в Петросовет И. В. Сталина, Ленинский сборник XXXV, 1945, с. 69
33. Ученики на заводе "Однер", Беспалов М.: Движение рабочей молодежи в России в материалах и документах, 1926, с. 10–11
34. Фабрики и заводы всей России. Сведения о 31523 фабриках и заводах, 1913, 1687 с.
35. Фабрично-заводские предприятия Российской империи (исключая Финляндию), издание второе, 1914, [1612 с.]
36. Хожение за три буквы, Коммерсантъ Деньги, № 48 (553), 5.12.2005, <http://www.kommersant.ru/doc/632333/print>
37. Шатуров Ю.: Мастера точности. Борьба за звание бригады им. Кагановича завод им. Дзержинского, Дело чести, 1934, с. 134–142

Быстродействующее ОЗУ на стандартных электронно-лучевых трубках

Александриди Т.М.¹, Лавренюк Ю.А.²

¹Московский автомобильно-дорожный институт
(Государственный технический университет)
alexandridi@mail.ru

²Институт проблем информатики РАН

Fast RAM on Standard Cathode-Ray Tubes

Alexandridi T.¹, Lavrenyuk Yu.²

¹Moscow Automobile and Road Institute (State Technical University)

²RAS Institute for Informatics Problems

При создании первых ЭВМ в 40–50 г. 20-го столетия для построения ОЗУ были использованы статические триггеры на электронных лампах (в МЭСМ), что очень ограничивало возможный объем памяти. Кроме того, были задействованы магнитные барабаны и магнитные ленты, что позволяло реализовать только медленнодействующие ОЗУ. Очень остро стояла проблема построения быстродействующих ОЗУ. Весьма перспективным было признано использование эффекта хранения двоичной информации в виде электростатических зарядов, с их периодической регенерацией. С этой целью в США и СССР были начаты соответствующие исследовательские и проектные работы по созданию специальных запоминающих электронно-лучевых трубок – потенциалоскопов.

В это время в СССР разработка первых ЭВМ проводилась по постановлению правительства в :

- СКБ-245 – «Стрела» – гл. конструктор Ю.Я. Базилевский,
- ИТМиВТ АН СССР – «БЭСМ» – гл. конструктор С.А. Лебедев.

В соответствии с этими постановлениями потенциалоскопы по мере изготовления передавались в первую очередь Базилевскому, затем – Лебедеву.

Поскольку в ЭНИН АН СССР проектирование ЭВМ М-1 выполнялось по личной инициативе чл.-корр. И.С. Брука и по решению только АН СССР, то он не мог рассчитывать на получение потенциалоскопов. В связи с этим по указанию И.С. Брука в сентябре 1950 г. силами молодого инженера В.В. Карибского и дипломницы радиофака МЭИ Т.М. Александриди были начаты на обычном осциллографе исследования возможностей использования стандартных электронно-лучевых трубок (ЭЛТ) типа 13 ЛО-37 для построения на их основе быстродействующего ОЗУ.

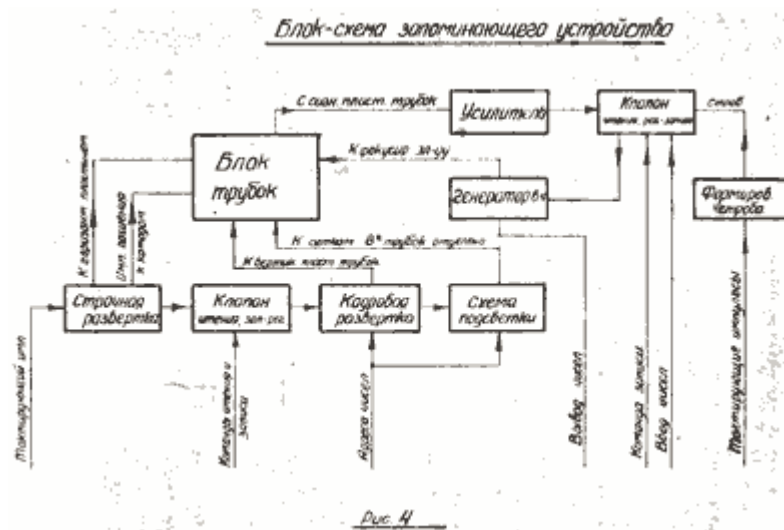


Рис. 1. Блок-схема ЭП

Электростатическая память (ЭП) выполняет те же функции, что и магнитная память, с той разницей, что скорость выбора чисел в ней примерно в 100 раз выше, чем в МП, но не имеется возможности сохранить числа после выключения АЦВМ.

На рис. 1 изображена блок-схема электронной памяти ЭВМ М-1. Емкость ЭП в М-1 равнялась 256-ти 25-ти разрядным числам в двоичной системе и она построена по последовательно-параллельной структуре. Расположение 25-ти разрядного кода на экране трубки определяется за один временной такт, а сами числа (коды) вводятся и выводятся из блока памяти последовательно, разряд за разрядом. По техническим требованиям время на ввод или вывод одного числа не должно превышать 300 мксек, т. е. примерно 10 мксек на разряд. Кроме того, необходимо иметь возможность в нужный момент прочесть число или заменить старую запись новой по любому адресу.

Прежде чем перейти к описанию работы устройства следует кратко остановиться на физических процессах, лежащих в основе электростатической памяти. Собственно запоминающим элементом является электронно-лучевая трубка. В данном ОЗУ используются стандартные электростатические трубки типа 13 ЛО-37, кото-

рые разработаны для построения осциллографов. Числа хранятся в памяти в виде определенного распределения различных статических зарядов на экране электронно-лучевой трубки. Эффект запоминания (т. е. образования определенного потенциального рельефа) основан на явлении вторичной электронной эмиссии. При определенной величине ускоряющего напряжения коэффициент вторичной эмиссии экрана больше единицы, т. е. при бомбардировке экрана лучом число вторичных электронов, покидающих экран, больше числа первичных электронов, попадающих на него. Вследствие этого облучаемый участок экрана приобретает положительный заряд. Если облучать экран лучом различного вида, например, сфокусированным и расфокусированным лучом, модулированным по отклонению или по яркости, то на экране будут образовываться различные потенциальные рельефы. Для того чтобы прочесть, что записано на экране, достаточно облучать этот элемент экрана лучом, модулированным каким-либо образом. При этом старый потенциальный рельеф в каждом отдельном элементе экрана заменяется новым. Таким образом, получается сигнал чтения – видеоимпульс, снимаемый с сигнальной пластины, которая имеет емкостную связь с экраном.

В нашем запоминающем устройстве принята система чтения-записи «фокус-дефокус». Так как в двоичной системе представления чисел существует лишь два символа: ноль и единица, то одному из них соответствует запись на экране сфокусированным лучом, другому расфокусированным. Чтение производится расфокусированным лучом, при этом в первом случае будет получаться положительный сигнал чтения, а во втором случае – лишь паразитные сигналы от включения и выключения луча. Рассмотрим сначала подробно, каким образом информация, помещенная в запоминающее устройство, хранится сколь угодно долго. Экран самой трубки обладает весьма небольшим временем запоминания – 0,2 сек. Далее заряд растекается по соседним участкам экрана благодаря имеющейся утечке. Следовательно, для того, чтобы сохранить то, что записано на экране, необходимо через время, меньшее 0,2 сек., снова возобновить запись, или, как говорят, регенерировать.

Допустим, что в принятой нами системе записи ноль записывается расфокусированным лучом, а единица – сфокусированным. Для расфокусировки на 1-й анод подается синусоидальное напряжение частоты 10 МГц и с амплитудой 80 вольт. Генератор высокой частоты модулируется триггером (назовем его триггер «фокус-дефокус») так, что в одном положении триггера, соответствующем чтению, генерируются в ч. колебания, в другом же положении, соответствующем записи, генератор запирается. На одну из сеток триггера все время поступают тактирующие импульсы, так что он находится в положении «чтение». При чтении расфокусированный луч записывает на всех точках строки нули. При этом с сигнальной пластины снимаются видеоимпульсы чтения, которые усиливаются широкополосным усилителем с коэффициентом усиления 100 000. Выход усилителя подается на сетку клапана «чтение-регенерация-запись». Поэтому необходимо так выбрать постоянные времени в усилителе, чтобы сигнал успевал устанавливаться от точки к точке, но не появлялась бы постоянная составляющая, так как вследствие этого будет изменяться режим работы клапана.

Разберем работу схемы регенерации. При чтении с элемента экрана, на котором записана единица (фокус), получается положительный видеоимпульс, причем он нарастает очень быстро и достигает максимальной величины через 2 мсек. после начала ступеньки. Далее, он начинает спадать к среднему значению. Этот положительный сигнал поступает на управляющую сетку клапана чтения, а на пентодную сетку этого клапана подается строб, т. е. импульс длительностью порядка 1 мсек с амплитудой 80–90 в. Этот строб задержан относительно тактирующих импульсов таким образом, что он приходится примерно на максимум положительного сигнала. При совпадении этих двух сигналов на выходе клапана появляется отрицательный импульс, который подается на вторую сетку триггера «фокус-дефокус». Триггер сбрасывается в положение, соответствующее запираанию генератора, в.ч. луч фокусируется, и на этой точке экрана снова записывается единица. Затем луч переходит на следующую точку строки.

В описываемом запоминающем устройстве всего 9 трубок Ло-737, причем 8 из них используются в качестве запоминающих элементов, а 9-я служит для контроля. На экране каждой трубки расположены по вертикали 32 строки, каждая из которых содержит 25 точек. Соответствующий растр на экране трубки получается с помощью специальных ступенчатообразных отклоняющих напряжений. Эти напряжения одновременно подаются на вертикальные и горизонтальные отклоняющие пластины всех трубок с блоков строчной и кадровой развертки. Экраны всех восьми трубок представляют собой как бы один большой экран, на котором размещены 256 строк, причем луч при регенерации последовательно обегает весь этот воображаемый экран благодаря тому, что трубки «подсвечиваются» поочередно. Подсветка подается на сетку каждой из трубок отдельно с блока подсветки и представляет собой положительный прямоугольный импульс, длительность которого при регенерации равна периоду кадровой развертки.

У запоминающего устройства существует три различных режима работы: регенерация (т. е. собственно запоминание), чтение и запись. Выбор режима работы производится с помощью двух триггеров, управляющих клапанами, один из триггеров находится в блоке кадровой развертки и коммутирует клапан на 2 положения: регенерация – чтение (запись). При регенерации импульсы конца строк непрерывно поступают на схему кадровой развертки, и луч последовательно обегает строку за строкой, регенерируя то, что записано. При чтении (или записи) нам нужно попасть на какую-то определенную строку, иначе говоря, нужно знать «адрес» числа. Адрес числа состоит из номера трубки, на экране которой записано число, и номера строки на данном экране. Схемы разверток и засветки основаны на триггерных счетчиках. В каждой из схем разверток имеется 5-и разрядный триггерный счетчик, причем отклоняющее напряжение получается посредством суммирования в определенных «весовых отношениях» напряжений с триггеров.

Новаторские научные решения Н.Я. Матюхина в первых ЭВМ и вычислительных комплексах

Александриди Т.М., Матюхина Е.Н.
Московский автомобильно-дорожный институт
(Государственный технический университет)
alexandridi@mail.ru

N. Matyukhin's Innovative Scientific Solutions to the First Computers and Computer Systems

Alexandridi T., Matyukhina E.
Moscow Automobile and Road Institute (State Technical University)

Пройдя «школу» И.С. Брука, Н.Я. Матюхин стал выдающимся ученым, создателем собственной научной школы.

В марте 1950 г. отдел кадров МЭИ направил в лабораторию Брука Николая Яковлевича Матюхина, получившего диплом с отличием за блестящую учебу и участие в научных исследованиях еще на студенческой скамье – два авторских свидетельства за изобретение новой системы радиопередатчика с повышенным КПД – тому подтверждение.

О том, сколь удачным для лаборатории было такое пополнение в единственном лице, говорит тот факт, что уже в апреле, т.е. всего через два месяца, И.С. Брук, уверовавший в талант новообетенного помощника, оформляет постановление президиума АН СССР о разработке цифровой электронной вычислительной машины, получившей впоследствии название М-1.

Первое задание руководителя – спроектировать важный узел ЭВМ, дешифратор, да еще безламповый: использовать для построения логических элементов вместо электронных ламп поступившие по репарациям немецкие купроксные выпрямители. Со слов остальных участников создания машины, Н.Я. Матюхин фактически был главным конструктором М-1, а затем ЭВМ М-3, формально не являясь таковым, а И.С. Брук в полной мере выполнил роль научного руководителя разработки.

Быстро разобравшись в структуре и архитектуре ЭВМ, Н.Я. Матюхин занялся детальной разработкой арифметико-логического устройства, а также узлом управления памятью на магнитном барабане.

В 1950–1951 гг. была создана первая в Российской Федерации малая цифровая электронная вычислительная машина с хранимой в памяти программой М-1, содержащая 730 электронных ламп (вместо 6000 в МЭСМ). Запущенная в опытную эксплуатацию в начале 1952 г., она оказалась единственной в РФ действующей ЭВМ. В М-1 впервые вместо электронных ламп (диодов) были использованы полупроводниковые (купроксные) выпрямители, рулонный телетайп, рассчитанный на печать длинной строки (вместо ленточного на одно число в строке), впервые была применена двухадресная система команд.

В декабре 1951 года в Лаборатории электросистем Энергетического института АН СССР под руководством члена-корреспондента АН СССР Исаака Семеновича Брука был выпущен научно-технический отчет «Автоматическая цифровая вычислительная машина М-1», утвержденный 15 декабря 1951 года директором ЭНИН АН СССР академиком Г.М. Кржижановским – это был первый в СССР научный документ о создании и вводе в строй автоматической цифровой вычислительной машины.

В этом отчете были представлены следующие новые научные решения, впервые предложенные в мировой практике создания электронных вычислительных машин:

- построение логических схем на полупроводниковых диодах;
- двухадресная структура команды;
- построение быстродействующей электростатической памяти на обычных осциллографических электронных трубках.

Впервые в мировой практике создания цифровых электронных вычислительных машин в М-1 диодные логические схемы строились на полупроводниковых элементах (купроксные выпрямители КВМП-2-7).

При разработке М-1 были предложены и реализованы принципиально новые технические решения, в частности, двухадресная система команд, нашедшая впоследствии широкое применение в отечественной и зарубежной вычислительной технике. Вспоминая позднее об этом решении, Н.Я. Матюхин писал:

«Сам выбор системы команд был для нас делом непростым – в то время общепринятой и наиболее естественной считалась трехадресная система, шедшая еще от работ фон Неймана, которая требовала достаточно большой разрядности регистрового оборудования и памяти. Наши ограниченные возможности стимулировали поиск более экономных решений.»

Как иногда бывает в тупиковых ситуациях, помог случай. Брук в то время пригласил на работу молодого математика Ю.А. Шрейдера. Шрейдер, осваивая вместе с нами азы программирования, обратил наше внимание на то, что во многих формулах приближенных вычислений результат операции становится для следующего шага одним из операндов. Отсюда было уже недалеко до первой двухадресной системы команд. Наши предложения были одобрены Бруком и после АЦВМ М-1 получили дальнейшее развитие в машине М-3 и серии машин «Минск».

Комплексную отладку машины, разработку системы команд, отработку технологии программирования и тестирования возглавил Н.Я. Матюхин, который фактически выполнял функции главного конструктора.

Ознакомиться с работой первой московской ЭВМ приезжали видные ученые, в том числе академики

А.Н. Несмеянов, М.А. Лаврентьев, С.Л. Соболев, А.И. Берг. Одним из первых на М-1 решал задачи по ядерным исследованиям академик С.Л. Соболев, бывший в то время заместителем по научной работе в институте И.В. Курчатова.

Три года машина М-1 находилась в эксплуатации и первые полтора года была единственной в Российской Федерации действующей ЭВМ. Она была изготовлена в единственном экземпляре, но ее архитектура и многие принципиальные схемные решения были приняты в дальнейшем за основу при разработке серийных машин М-3, «Минск», «Раздан» и др.

М-3 стала одной из первых ЭВМ класса малых машин, подготовленной для серийного производства. Машина была настолько проста в изготовлении и эксплуатации, что ряд организаций смог самостоятельно изготовить и наладить ее у себя по документации, выпущенной во ВНИИЭМ. В 1958 г. конструкторская документация на ЭВМ М-3 была передана Минскому заводу счетных машин для выпуска малой серии, первая М-3 выпущена в сентябре 1959 г.

Так, по стечению обстоятельств, детище И.С. Брука и его ученика Н.Я. Матюхина, разработанное в Москве, стало выпускаться в Минске – на родине Брука.

В 1957 г. Николай Яковлевич перешел на работу в Научно-исследовательский институт автоматической аппаратуры Минрадиопрома, где, будучи главным инженером, принимал участие в работах по созданию ЭВМ для ПВО страны, был главным конструктором серийных ЭВМ и управляющих комплексов специального назначения. Именно здесь в полном объеме проявились его талант и гигантская работоспособность.

Работы по созданию ЭВМ «Тетива» проводились коллективом Николая Яковлевича Матюхина.

Под его руководством и при непосредственном участии были созданы целые серии специализированных ЭВМ: «Тетива», 5Э63, 5Э63-1, 5Э76, 5Э76-Б, которые и в настоящее время «служат» в составе соответствующих АСУ не только в России, но и в ближнем и дальнем зарубежье.

Хотелось бы остановиться на новых решениях, использованных в этих работах.

ЭВМ «Тетива» должна была обеспечить первичную обработку радиолокационной информации.

Архитектура ЭВМ соответствовала классической архитектуре фон Неймана. Основные устройства: центральное устройство управления (ЦУУ), арифметическое устройство (АУ), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), долговременное запоминающее устройство (ДЗУ), память программ, устройства связи с внешними устройствами (УСВ). ЭВМ была построена на СПТ-схемах (схемах переключателей тока). В этих схемах не было ни диодов, ни конденсаторов, только триоды и сопротивления. Основу их составляли триоды типа р-н-р (П-15). Для межкаскадных переходов использовались триоды п-р-п (ПИ). Они (СПТ) были по тому времени очень быстрыми по переключению.

«Тетива» была первой отечественной ЭВМ с микропрограммным управлением. т.е. в устройстве управления использовалась микропрограмма, хранящаяся в матрице ДЗУ. Позже микропрограммное управление было применено в ЭВМ «Наири» (1964 г.), «Мир» и ЕС-1020. Долговременное запоминающее устройство (ДЗУ) обеспечивало большую надежность и возможность быстрого (при необходимости) изменения.

Оригинальным было решение использовать в АУ прямые коды операндов. Весь мир использовал обратные или дополнительные коды, а здесь – прямые. Такое АУ было более дорогим по оборудованию, чем известные, но самым быстрым и самоконтролируемым. Конечно, АУ в прямых кодах «дороже» по схемам переноса, но оно было «быстрым». так как готовило одновременно три варианта: $A+B$, $A-B$ и $B-A$.

Кроме знака результата на выходе старшего разряда формировался признак «>», «<» или «=», а главное признак «сбой». Он констатировал наличие сбоя в АУ, что всегда сложно.

Среди «новинок» надо отметить и так называемый «авторегистр», обеспечивающий программируемую подмену команд. Этот механизм успешно использовался при рестарте программ для коррекции ошибок, обеспечивая тем самым непрерывность вычислительного процесса – важнейшего качества для систем реального времени.

Производительность ЭВМ 20 тыс. опер./сек (32 тыс. сложений в секунду).

Объем оперативной памяти 1024, разрядность – 18 бит, ПЗУ – 3072 кода, число команд – 70.

Сейчас практически во всех компьютерах при начальном включении происходит контроль работоспособности, который заканчивается исполнением определенной мелодии.

В ЭВМ «Тетива» за счет работы счетчика циклов исполнялась мелодия «Подмосковные вечера». Ноты использовались и на рабочих программах. По ним определялась работа ЭВМ: «зацикливание» программ и, конечно, «остановы» ЭВМ.

Главным принципом разработки ЭВМ была «надежность, надежность, надежность и простота ремонта». Надежность обеспечивалась используемой элементной базой, применением ДЗУ (долговременных прошиваемых запоминающих устройств) для хранения программ и микропрограмм. Этим обеспечивалось безотказное выполнение программ.

Работа над первой отечественной полупроводниковой ЭВМ «Тетива» для системы ПВО началась с макетной проработки в 1960 году. Производство ЭВМ «Тетива» было освоено заводом в Минске. В 1962 г. восемь машин были установлены на объектах. Для обеспечения постоянной круглосуточной работы системы ПВО был подготовлен и использован «безотказный ВК» на базе 2-х «Тетив». При любых сбоях в ВК переключались сами «Тетивы».

Более 30 лет (бессменно) трудился комплекс и даже «засек» в 1986 г. самолет Руста, который приземлился на Красной площади в Москве.

Еще не кончился этап освоения системы ПВО на основе «Тетивы», как полным ходом начались макетные работы над первым мобильным вариантом ЭВМ 5Э63 и 5Э63.1. Размещение в полуприцепах требовало малых установочных размеров и небольшой эксплуатационной площади. Это достигалось, в том числе, за счет одностороннего обслуживания.

В основе конструктивного подхода были функционально законченные блоки (устройство управления, арифметическое устройство, оперативная память, долговременное запоминающее устройство, устройство связи с внешними абонентами и др.). Блоки размещались в стойках-стеллажах. Соединение между блоками и стойками осуществлялось посредством соединительных колонок с разъемами, в которых были и контрольные выходы для практически всех основных сигналов. Для обслуживающего персонала это предоставляло дополнительное удобство при поиске неисправностей. В ЗИПах закладывались резервные блоки. Все это обеспечивало высокие параметры коэффициента готовности (Кг). В 1967 г. после успешных испытаний в Капустинском Яре (военном полигоне под Астраханью) машины были запущены в серийное производство. С тех пор выпущены многие их сотни.

В 1967 г. была начата работа над первой ЕС-подобной ЭВМ в блочном исполнении – 5Э76. Первая ЭВМ 5Э76 была использована в составе комплекса из 6-ти ЭВМ.

В 1969 г. начались проработки АСУ «глобального» масштаба – от берега балтийского до берега тихоокеанского... Главным в ней было обеспечение связи через ЦКС и постоянная круглосуточная (круглогодичная) работа в автоматическом режиме.

Исходя из ограниченных площадей объектов ЦКС и требований надежности, для них был выбран 2-машинный ВК: из 2-х ЭВМ 5Э76-Б (модернизированная 5Э76). Новый ВК именовался 65с180. Всего за период 1972–1992 гг. было изготовлено 32 машины 65с180.

Все они были созданы, под непосредственным руководством Н.Я. Матюхина, его соратниками и учениками, в их числе В.П. Харитонов, А.В. Тамошинский, А.Л. Залкинд, Е.Г. Сталин, Г.С. Вильшанский, Г.Г. Карпов, Ю.С. Бравый, В.А. Луцкий, Л.А. Шифрина, В.А. Бирюков.

Среди важнейших научных результатов, полученных Н.Я. Матюхиным в теории вычислительных машин и систем, следует выделить разработку архитектурных принципов построения вычислительных машин и комплексов для сложных территориальных автоматизированных систем управления (реального времени) и систем передачи данных в них.

Матюхин был главным конструктором многих вычислительных машин и комплексов, имеющих важное оборонное значение. Под его руководством разработано семейство сложных вычислительных комплексов второго и третьего поколений, которые десятки лет благодаря своим высоким эксплуатационно-техническим характеристикам и архитектурным особенностям, применялись в различных мобильных и стационарных средствах ПВО.

Впервые созданные в СССР Н.Я. Матюхиным в 1968–1971 гг. многомашинные комплексы на основе ЕС-подобных ЭВМ показали их высокую эффективность для применения в развивающихся системах. Дальнейшее развитие этих принципов позволило Матюхину в 1972–1975 гг. создать центр коммутации данных для информационных сетей, также явившийся первой крупной отечественной работой в этом бурно развивающемся в последние годы научно-техническом направлении.

Являясь главным конструктором ряда крупных разработок, Н.Я. Матюхин одним из первых отечественных ученых почувствовал острую необходимость в автоматизации проектирования средств вычислительной техники и, начиная с 1964 г., выполнил ряд основополагающих исследований в этом важнейшем направлении. Под руководством и при непосредственном участии Матюхина издается первая отечественная монография в этой области («Применение ЦВМ для проектирования цифровых устройств», 1968 г.). В ней выдвинуты и обоснованы принципы построения систем автоматизированного проектирования средств вычислительной техники, лежащие ныне в основе многих разработанных и проектируемых САПР.

В это же время Матюхиным был разработан язык моделирования цифровых устройств (МОДИС) и первая система моделирования ЭВМ, нашедшие широкое применение; разработан комплексный подход к проектированию приборов, объединявший логическое моделирование с процессом автоматизированного конструирования; разработаны принципы сопряжения САПР с системой подготовки производства и выполнен ряд работ по автоматизации планово-производственных задач, возникающих при освоении новых изделий.

На созданной под руководством Н.Я. Матюхина первой в СССР системе автоматического проектирования (АСП-1) в 1968–1969 гг. было проведено комплексное проектирование крупной ЭВМ третьего поколения.

В 1969 г. под его научным руководством и по его инициативе проводился Первый всесоюзный семинар по автоматизированному проектированию ЭВМ, в котором принял участие практически весь круг ведущих отечественных специалистов, были обсуждены и сформулированы важнейшие научные и практические проблемы в этой области.

В 1975–1977 гг. Н.Я. Матюхин в составе созданной по поручению СМ СССР прогнозной комиссии по проблемам автоматизации проектирования руководил разработкой раздела, посвященного САПР в радиоэлектронике, где им лично были разработаны основные классификационные характеристики САПР, сформулированы тенденции развития и основные проблемы в этой области на период 1980-1985 гг. Проблемные доклады Матюхина на Всесоюзных научных конференциях и семинарах по автоматизации проектирования неизменно вызвали большой интерес у специалистов, работающих в этой области.

60-летие первой российской АЦВМ М-1

Александриди Т.М., Рогачев Ю.В., Шидловский Р.П.
Московский автомобильно-дорожный институт
(Государственный технический университет)
alexandridi@mail.ru

НИИ вычислительных комплексов им. М.А. Карцева

60th Anniversary of the First Russian M-1 Computer

Alexandridi T., Rogatchov Yu., Shidlovsky R.
Moscow Automobile and Road Institute (State Technical University)
M.A. Kartsev Research Institute of Computing Systems

В декабре 1951 года в Лаборатории электросистем Энергетического института АН СССР под руководством чл.-корр. АН СССР Исаака Семеновича Брука был выпущен научно-технический отчет «Автоматическая цифровая вычислительная машина М-1», утвержденный 15 декабря 1951 года директором ЭНИН АН СССР академиком Г.М.Кржижановским. Ниже представлен титульный лист этого отчета с подписями исполнителей. Очевидно, что 15 декабря 2011 года исполняется 60 лет первому в СССР научному документу о создании отечественной АЦВМ. Единственный экземпляр этого отчета случайно сохранился в научном архиве семьи Н.Я.Матюхина и несколько лет назад передан в Политехнический музей (рис. 1).

Машина успешно прошла испытания и была переведена в режим эксплуатации для решения задач как в интересах институтов Академии наук СССР, так и других организаций.

Начало исследовательских работ чл.-корр. АН СССР И.С. Брука по проблеме создания цифровых вычислительных машин относится к 1948 году. Он первым в СССР (совместно с Б.И. Рамеевым) разработал проект цифровой ЭВМ с жестким программным управлением. Первое в СССР свидетельство об изобретении «ЦВМ с общей шиной» было получено ими в декабре 1948 года. Постановление Президиума АН СССР о начале разработки автоматической цифровой вычислительной машины (АЦВМ) вышло 22 апреля 1950 года.

Таким образом, И.С. Брук получил возможность формировать команду разработчиков. Первым был принят Николай Яковлевич Матюхин, молодой специалист, только что с отличием окончивший радиотехнический факультет Московского энергетического института (МЭИ). Брук ознакомил его с основными идеями построения АЦВМ, которую назвали М-1.

Вначале молодой специалист в области радиотехники не представлял, что такое ЭВМ. Ему не сразу стало понятным первое задание руководителя: спроектировать важный узел ЭВМ – безламповый дешифратор. Исаак Семенович сам подобрал необходимую литературу, многократно беседовал с пригласившимся новичком, подробно рассказал о принципах работы ЭВМ, двоичной системе счисления, численных методах вычислений. Он же предложил использовать для построения логических элементов вместо электронных ламп поступившие по репарациям немецкие купроксные выпрямители. Со слов остальных участников создания машины, что Н.Я. Матюхин фактически был главным конструктором М-1, формально не являясь таковым, а И.С. Брук в полной мере выполнил роль научного руководителя разработки.

Быстро разобравшись в структуре и архитектуре ЭВМ, Н.Я. Матюхин занялся детальной разработкой арифметико-логического устройства, а также узлом управления памятью на магнитном барабане. Затем они вместе разрабатывали структуру и состав будущей машины, ее основные характеристики и конкретные решения многих технических вопросов. В дальнейшем Н.Я. Матюхин при постоянной поддержке И.С. Брука практически выполнял функции главного конструктора М-1.

Вот отрывок из воспоминаний Николая Яковлевича Матюхина: «Я хочу постараться оживить картинки нашей работы под руководством Исаака Семеновича, передать атмосферу первых лет работ в области вычислительной техники. Формирование группы и начало работ над АЦВМ М-1 – 1950 год. Брук набирает на РТФ МЭИ команду молодых специалистов, нас семеро: два младших научных сотрудника – А.Б. Залкинд, Н.Я. Матюхин; два дипломника – Т.М. Александриди, М.А.Карцев, три техника – Ю.В.Рогачев, Р.П. Шидловский, Л.М. Журкин.

Первое задание Исаака Семеновича мне – построить ламповый диодный трехвходовой сумматор (проверка моей пригодности). Второе задание – спроектировать типовой рабочий стол. Третье задание мне, как руководителю группы, – разработка АЦВМ М-1».

Серьезные трудности при проектировании М-1 и реализации проекта создавало почти полное отсутствие комплектующих изделий. Исаак Семенович нашел оригинальный выход: он использовал имущество со складов военных трофеев. В результате в основу проекта были положены следующие идеи и «трофеи»:

- сочетание малой номенклатуры компонент самого разного происхождения;
- всего два типа электронных ламп;
- купроксные выпрямители электроизмерительных приборов;
- магнитные головки от бытового магнитофона;
- электронно-лучевые трубки от осциллографа;
- трофейный телетайп из генштаба вермахта.

Инв. № 683

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. Г.М. КРЖИЖАНОВСКОГО.

Лаборатория ЭЛЕКТРОСИСТЕМ.

ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ: АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЦИФРОВАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ
МАШИНА.
[М-1]

Директор Энергетического ин-та

АН СССР

академик

Г. Кржижановский

/Г.М. Кржижановский/

Руководитель лаборатории
Электросистем

Член. корр. АН СССР

И.С. Брук /И.С. Брук/

Исполнители работы
Младшие научные сотр.

Александров /Т.М. Александров/

Залкинд /А.Б. Залкинд/

Карцев /М.А. Карцев/

Матюхин /Н.Я. Матюхин/

Журикин /П.М. Журикин/

Рогачев /Ю.В. Рогачев/

Шидловский /Р.П. Шидловский/

Техники:

А н н о т а ц и я

В отчете дается краткое описание построенной машины и принцип действия отдельных ее устройств.

Москва
1951г.

№1539
15/11-51г
3 экз

Рис. 1. Титульный лист научно-технического отчета АЦВМ М-1

О стиле руководства Исаака Семеновича Брука:

- глубокое понимание цели, простота и образность аргументации;
- никаких разнесов по неудачам;
- уважительное отношение к исполнителям.

В процессе проектирования и создания машины М-1 приходилось разбираться в самых разных вопросах — от регулятора напряжения для мощных мотор-генераторов постоянного тока, служивших источниками вторичного питания машины, до разработки системы команд и программирования первых задач. Предстояло разрабатывать архитектуру машины, ее основные устройства и систему элементов с учетом указанных выше ограничений в обеспечении комплектующими изделиями.

При разработке М-1 были предложены и реализованы принципиально новые технические решения, в частности, двухадресная система команд, нашедшая впоследствии широкое применение в отечественной и зарубежной вычислительной технике. Вспоминая позднее об этом решении, Н.Я. Матюхин писал: «Сам выбор системы команд был для нас делом непростым – в то время общепринятой и наиболее естественной считалась трехадресная система, шедшая еще от работ фон Неймана, которая требовала достаточно большой разрядности регистрового оборудования и памяти. Наши ограниченные возможности стимулировали поиск более экономичных решений. Как иногда бывает в тупиковых ситуациях, помог случай. Брук в то время пригласил на работу молодого математика Ю.А. Шрейдера. Шрейдер, осваивая вместе с нами азы программирования, обратил наше внимание на то, что во многих формулах приближенных вычислений результат операции становится для следующего шага одним из операндов. Отсюда было уже недалеко до первой двухадресной системы команд. Наши предложения были одобрены Бруком, и АЦВМ М-1 стала первой двухадресной машиной».

Впервые в мировой практике создания цифровых электронных вычислительных машин в М-1 диодные логические схемы строились на полупроводниковых элементах. Первоначально разработка начиналась на ламповых диодах 6Х6. Был изготовлен с этими лампами и отлаживался макет двоичного счетчика. Но помогло случайное сочетание обстоятельств. Поиски путей сократить количество радиоламп в машине привели к попытке использовать оказавшиеся на складе лаборатории среди трофейного имущества купроксные выпрямители КВМП-2-7 вместо радиоламп 6Х6.

Параметры купроксного выпрямителя КВМП-2-7:

- допустимый прямой ток 4 ма
- прямое сопротивление 3–5 Ком
- допустимое обратное напряжение 120 в
- обратное сопротивление 0,5–2 Мом

Соотношение прямого и обратного сопротивлений (не хуже, чем 1:100) надежно могли обеспечить выполнение диодных функций в логических схемах. Предстояло только выяснить возможность их использования в импульсных схемах при работе на достаточно высокой частоте. Экспериментальные исследования логических схем, разработанных с учетом этих параметров, показывали их стабильную работу.

Были проведены исследования работы макета одного разряда арифметического устройства с сумматором, дешифраторами и смесителями на выпрямителях КВМП-2-7 в различных режимах и с учетом отклонений уровней питающих напряжений и разбросов параметров комплектующих изделий. Макет работал устойчиво. В августе 1950 года были проведены его заключительные испытания с непосредственным участием И.С. Брука, которые также подтвердили надежную работу логических схем, построенных на базе купроксных выпрямителей КВМП-2-7. Бруком было принято решение в пользу этого варианта.

В своих воспоминаниях Н.Я. Матюхин так оценивал значение этого решения: «Одним из принципиальных решений, которое, как мне кажется, предопределило успех нашей первой машины и короткие сроки ее создания, был курс на широкое использование полупроводниковых элементов, принятый Бруком. Тогда они были представлены в нашей промышленности только малогабаритными купроксными выпрямителями, которые выпускались для нужд измерительной техники. Брук договорился о выпуске специальной модификации такого выпрямителя размером с обычное сопротивление, и мы создали набор типовых схем. В мастерской при лаборатории началось изготовление и монтаж блоков, и менее чем через год машина уже «задышала» (а было в ней несколько сотен ламп и несколько тысяч купроксов)». АЦВМ М-1 стала первой в мире цифровой вычислительной машиной, в которой логические схемы строились на полупроводниковых приборах.

С целью улучшения характеристик М-1 И.С. Брук решил включить в ее состав быстродействующее электростатическое запоминающее устройство. Тогда в США и в СССР для этой цели разрабатывались специальные электронные трубки – потенциалоскопы. К сожалению, по постановлению нашего Правительства, такие трубки были предназначены другим разработчикам (ИТМиВТ, СКБ-245), а нашей лаборатории они были недоступны. Тогда Бруком было принято решение попытаться использовать обычные электростатические трубки, которые применялись в осциллографах. В сентябре 1950 г. в лабораторию была принята дипломированная радиотехнического факультета МЭИ Т.М. Александриди. Именно ей в качестве темы дипломного проекта была предложена разработка электростатического ЗУ на осциллографических трубках. Проведенные ею экспериментальные исследования показали возможность построения такого типа быстродействующей электронной памяти, что и было реализовано в дипломном проекте.

Осенью 1950 года «команда» Н.Я. Матюхина была укомплектована. Обязанности между коллективом разработчиков были распределены следующим образом:

- арифметическое устройство и система логических элементов выполнялись Н.Я. Матюхиным и Ю.В. Рогачевым;
- главный программный датчик – М.А. Карцев и Р.П. Шидловский;
- запоминающее устройство на магнитном барабане – Н.Я. Матюхин и Л.М. Журкин;
- запоминающее устройство на электростатических трубках – Т.М. Александриди;
- устройство ввода-вывода – А.Б. Залкинд и Д.У. Ермоченков;
- электропитание – В.В. Бельнский;
- конструкция – А.И. Кокалевский.

Комплексную отладку машины, разработку системы команд, отработку технологии программирования и тестирования возглавил Н.Я. Матюхин, который фактически выполнял функции главного конструктора. Все

разработчики проявляли исключительную изобретательность, приспособив для использования в ЭВМ комплектующие изделия, предназначенные для других целей (магнитные головки от бытовых магнитофонов, электронно-лучевые трубки от осциллографов, буквопечатающий телетайп для систем связи и др.).

К осени 1951 года закончились работы по изготовлению и настройке машины М-1, ее упрощенная структурная схема изображена на рис. 3. Машина успешно прошла испытания и в начале 1952 года была переведена в режим эксплуатации для решения задач как в интересах институтов Академии наук СССР, так и других организаций. В эксплуатации М-1 была около 3-х лет и первые полтора года являлась единственной ЦВМ, работавшей в России. В дальнейшем разработчики М-1 стали крупными учеными и инженерами, руководителями НИИ, главными конструкторами Оборонных Систем СССР.

Брук Исаак Семенович (1902–1974) – чл.-корр. АН СССР, д.т.н., основатель и первый директор ИНЭУМ, который назван его именем.

Матюхин Николай Яковлевич (1937–1984) – чл.-корр. АН СССР, д.т.н., проф., главный конструктор вычислительных средств систем ПВО СССР, лауреат Государственной премии СССР.

Карцев Михаил Александрович (1923–1983) – д.т.н., проф., главный конструктор вычислительных средств СПРН, основатель и первый директор НИИВК, лауреат Государственной премии СССР.

Александров Тамара Миновна (1924) – к.т.н., проф., основатель и заведующий кафедрой АСУ МАДИ.

Рогачев Юрий Васильевич (1925) – к.т.н., главный инженер НИИВК, директор НИИВК, лауреат Государственной премии СССР.

Залкинд Александр Борисович (1927–1995) – к.т.н., ведущий специалист вычислительных средств ПВО в НИИАА.

Бельнский Владислав Владимирович (1926–2001) – к.т.н. ведущий специалист по вычислительной технике ИНЭУМ.

Шидловский Рене Павлович (1926) – к.т.н., зам. главного конструктора вычислительных средств СПРН, лауреат Государственной премии СССР.

АЦВМ М-1 включала в свой состав арифметическое устройство АУ, главный программный датчик (ГПД), который выполнял функции устройства управления, внутреннюю память двух видов: быструю – на электростатических трубках (ЭП) и медленную – на магнитном барабане (МП), устройство ввода–вывода (УВВ) с использованием перфолент и телеграфной буквопечатающей аппаратуры.

Основные характеристики М-1

Система счисления – двоичная.

Количество двоичных разрядов – 25.

Система команд – двухадресная.

Объем внутренней памяти:

на электростатических трубках – 256 адресов,

на магнитном барабане – 256 адресов.

Быстродействие:

с медленной памятью – 20 оп/сек

с быстрой памятью операция сложения выполнялась за 50 мксек,

операция умножения – за 2000 мксек.

Количество электронных ламп – 730.

К концу 1951 года машина успешно прошла комплексные испытания и была передана в эксплуатацию. Далее АЦВМ М-1 была переведена в режим эксплуатации для решения задач как в интересах институтов Академии наук СССР, так и других организаций. В ее конструкции были представлены следующие новые научные решения, впервые предложенные в мировой практике создания электронных вычислительных машин:

– построение логических схем на полупроводниковых диодах;

– двухадресная структура команды;

– построение быстродействующей электростатической памяти на обычных осциллографических электронных трубках.



И.С.Брук

Авторский состав
создания одной
из первых в СССР
цифровой машины
ЭВМ М-1
(1950-1951 гг.)



Н.Я.Матюхин



М.А.Карцев



Т.М.Александриди



А.Б.Залкинд



Ю.В.Рогачев



Р.П.Шидловский

Рис. 2.

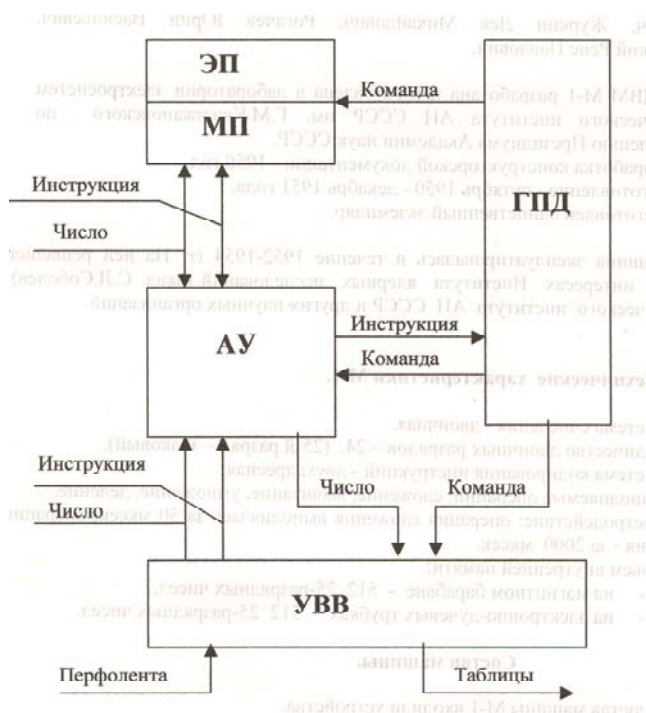


Рис. 3. Блок-схема АЦВМ М-1

Ознакомиться с работой первой московской ЭВМ приезжали видные ученые, в том числе академики А.Н. Несмеянов, М.А. Лаврентьев, С.Л. Соболев, А.И. Берг. Одним из первых на М-1 решал задачи по ядерным исследованиям академик С.Л. Соболев, бывший в то время заместителем по научной работе в институте И.В. Курчатова. Три года машина М-1 находилась в эксплуатации и первые полтора года была единственной в Российской Федерации действующей ЭВМ. Она была изготовлена в единственном экземпляре, но ее архитектура и многие принципиальные схемные решения были приняты в дальнейшем за основу при разработке серийных машин М-3, «Минск», «Раздан» и др.

Проблемы управления электрофизическими установками как предпосылка создания оригинальных ЭВМ

Алешаев А.Н., Белов С.Д., Козак В.Р., Пискунов Г.С., Тарарышкин С.В.
Институт ядерной физики имени Г.И.Будкера СО РАН

The Problems of Control of Large Electro-Physical Installations as the Pre-requisite for Developing Original CPU Architectures

Aleshaev A., Belov S., Kozak V., Piskunov G., Tararyshkin S.
G.I. Budker Institute of Nuclear Physics SB RAS

Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера СО РАН в настоящее время является крупнейшим институтом РАН. Возможно, в прежние времена были и другие крупные институты Академии, но реализуемые Институтом проекты всегда отличались глобальными масштабами, и большинство таких проектов имеет почтенную историю.

Предложенные основателем Института академиком Г.И. Будкером физические принципы, – встречные пучки, электронное охлаждение, открытые плазменные системы и ряд других – реализованы «в железе» на многих установках ИЯФ еще в в прошлом столетии, и многие из них продолжают активно развиваться и в настоящее время. Это установки со встречными пучками – электрофизические комплексы ВЭП-1, ВЭПП-2, НАП, ВЭПП-2М (XX век), ВЭПП-3, ВЭПП-4, ВЭПП-2К, современные детекторы КМД-3, СНД, КЕДР, плазменные установки ГОЛ-3, Амбал-М и многие другие крупномасштабные установки уже нынешней эпохи. Эти высокотехнологичные, сложные современные комплексы уже в принципе не могут работать без компьютерной поддержки, хотя понятно, что их прототипы начинались при минимальном интегрировании компьютеринга в повседневный обиход.

Работы, изложенные в докладе, проводились большим коллективом сотрудников Института ядерной физики СО АН СССР, были представлены на множестве всесоюзных и международных совещаний и конференций и относятся к области построения систем управления (СУ) крупными электрофизическими установками. Большинство документов, содержащих подтверждения приведенных в данной работе тезисов, были опубликованы и открытой печати и могут быть доступны через традиционные поисковики.

При проектировании большинства экспериментальных установок Института еще в середине 70-х годов было осознано, что наличие широкого спектра компьютерных систем для интегрирования с конкретными установками не обязательно является позитивным выбором. Разработка таких систем «персонально» для каждой установки оказывается слишком трудоемкой и, по сути, нереализуемой в рамках разумных бюджетов. Это диктует необходимость широкого применения унифицированных, стандартных решений при разработке отдельных компонентов систем компьютерной поддержки конкретной экспериментальной установки.

Спектр стандартных подходов можно разделить на несколько, по крайней мере на три принципиально важных группы.

Во-первых, это унификация и стандартизация «железа» и связанные с этой сферой решения: система передачи данных, ассортимент оконечной аппаратуры, используемые протоколы нижнего уровня взаимодействия компонентов компьютерной системы. При этом необходимо уточнить (и дальнейшее изложение будет следовать этому тезису), что в этом отношении целесообразно выделить в самостоятельную подсистему – подсистему управления установкой, в сопоставлении ее с подсистемами сбора данных, их анализа, обработки, архивирования и т.д., при обеспечении должного взаимодействия между подсистемами управления и регистрации.

Во-вторых, неприемлемой является программная поддержка упомянутых подсистем лишь на минимально возможном уровне, в ту эпоху практически повсеместно таковой была поддержка на уровне языка ассемблера. Уже в первой половине 70-х годов разработчиками и пользователями систем управления была осознана целесообразность использования специализированных, проблемно-ориентированных языков высокого уровня для создания прикладных программ работы с СУ.

И, наконец, в-третьих – было осознано, что, коль скоро с установкой работают не профессиональные программисты, а инженеры, физики и другой научно-технический персонал, необходимо обеспечить ему возможность разработки, написания и отладки для дальнейшего использования программ работы с установкой.

Задачей небольшого числа системных программистов является представление в распоряжение персонала простого и удобного инструментария для создания и использования программ работы с установкой – как обеспечивающих регулярную работу, так и диагностических, используемых по мере необходимости. Таким инструментом и является системная часть программного обеспечения системы, которую можно с определенными допущениями разделить на три части:

- собственно операционная система;
- система подготовки рабочих программ;
- библиотеку подпрограмм, используемых рабочими программами.

Время жизни крупной электрофизической установки, такой как ускорительно-накопительный комплекс (УНК, как пример большой электрофизической установки), составляет несколько десятилетий. Ясно, что за столь длительный срок технические и структурные решения, насколько хорошими бы они не были на момент

их реализации, неизбежно устаревают. Постоянное время жизненного цикла основных технологий, используемых в СУ, таких, как электроника в целом, связь, вычислительная техника, системы и стиль программирования, существенно меньше указанного периода.

Темпы технологического прогресса (развитие вычислительной техники и микроэлектронных компонентов, систем связи, технологий программирования) настолько высоки, что было бы нерационально использовать традиционную структуру, технические и программные средства применяемые на действующих установках. Компромиссная тактика в таких условиях состоит в том, чтобы, учитывая опережающую фазу развития технологий, строить (проектировать) СУ, которая к моменту начала ее эксплуатации находилась бы на уровне современных взглядов и представлений. Однако, зачастую (преимущественно) реальное проектирование и развитие СУ определяется более прозаическими и не столь научными критериями. Такие дестабилизирующие обстоятельства, как доступность конструктивов и модулей определенного стандарта, состояние и опыт использования микропроцессорной базы и ее оснащенность современными средствами, являются объективными факторами и в значительной степени определяют выбор конкретной структуры системы СУ.

Так, за время существования накопителя ВЭПП-3 с конца 60-х годов по настоящее время родились и успели умереть целые классы вычислительных машин, относящихся к mainframe, мини, супермини, появилось и сменилось несколько поколений персональных компьютеров и рабочих станций, были разработаны концепции модульного, структурного, визуального программирования, открытых стандартов, получили широкое распространение высокоэффективные локальные сети, на порядки возросла функциональная плотность электронных компонентов.

Одной из первых СУ, последовательно реализовавшая по меньшей мере некоторые из перечисленных принципов, базировалась на ЭВМ Одра-1304 производства ПНР (МЭРА-ЭЛЬВРО). Это была машина, построенная на принципах архитектуры ICL-1900 английской компьютерной компании International Computers Ltd. В базовой комплектации машина была оснащена памятью объемом 32 К 24-разрядных слов, из которых около 8 К занимались резидентным супервизором. Эта ЭВМ была доступна в Институте в хорошей для тех времен комплектации, включающей центральный процессор, перфораторы, считыватели перфолент, магнитофоны, накопители с прямым доступом (магнитные барабаны), операторскую консоль, а впоследствии и операторские буквенно-цифровые дисплеи. В комплект поставки также входило базовое программное обеспечение, включающее, помимо супервизора, развитую систему компиляции, интегрирующую целый спектр языков – язык асемблера, несколько диалектов Фортрана, Алгол-60 и другую экзотику.

Для подключения к ЭВМ «Одра» исполнительного оборудования СУ были разработаны соответствующие аппаратные средства. К концу 70-х годов была создана инфраструктура СУ, включающая в себя ЭВМ «Одра» в качестве управляющей машины и комплект аппаратуры, подключаемый к каналу байтового интерфейса ЭВМ вместо перфоратора посредством созданной также в Институте иерархической последовательной системы связи. Система связи являлась полностью оригинальной и из-за отсутствия соответствующей элементной базы не базировалась на принимаемых в то время за рубежом стандартах последовательных интерфейсов, однако её разработка давала возможность подключения к ЭВМ гигантского (до более 260 тыс. точек) объема измерительной и управляющей аппаратуры СУ УНК.

Также были разработаны и подключены по последовательной системе связи периферийные устройства: буквенно-цифровые табло, устройство-манипулятор «Ручка» – прообраз компьютерной мыши, панели загрузки программ «Меню», буквенно-цифровые дисплеи операторов и т.д. Для интеграции специфических протоколов взаимодействия периферийных устройств с ОС управляющей машины потребовалось введение незначительных (в сравнении с общим объемом супервизора) модификаций (что, однако, потребовало досконального изучения внутренних механизмов работы супервизора с каналами и с периферией).

Универсальной управляющей программой была большая даже по современным меркам программа, написанная на Фортране, включавшая более 20 тысяч строк кода. Трансляция и сборка этой программы занимала более 2-х часов, так что изменения в ее код вносились с оглядкой. Для минимизации трудностей такого рода программа включала интерпретатор некоего управляющего языка высокого уровня, позволявшего исполнять небольшие скрипты – управляющие процессы в терминологии этой системы, которые могли быть модифицированы и выполнены без перетрансляции всей сборки.

Несколько лет (с 72-го по 75-й) функциональность такой системы расценивалась, как вполне адекватная для управления целым множеством установок (НАП, ВЭПП-3 и др.), но впоследствии, по мере роста требований к системе с точки зрения объемов информационных обменов, ужесточения на время реакции системы на внешние события, повышения требований к системе переключения контекста управляющей программы (переключиться с работы с установкой НАП на установку ВЭПП-3, что реализовывалось в рамках упомянутой управляющей сборки и могло составлять сотни миллисекунд) возникла необходимость пересмотра общей архитектуры системы.

Дополнительным аргументом к пересмотру архитектуры системы послужило расширение парка компьютеров с единственной ЭВМ Одра-1304 до нескольких более современных по тем временам ЭВМ Одра-1325 (машины 3-го поколения, реализованные на ИС средней степени интеграции и с заметно более высокой производительностью). Доступность этих ЭВМ позволила, с одной стороны, обеспечить многие экспериментальные установки ИЯФ «персональными» управляющими машинами (установки ПСП, ГОЛ, магнитные измерения и др.), и, с другой, обеспечить особо крупные установки (комплекс ВЭПП-4) целым кластером управляющих ЭВМ.

В конце 70-х годов при расширении систем СУ УНК стали появляться трудности, связанные с увеличением количества точек контроля и управления на установках и, как следствие, увеличением потока данных обмена с ЭВМ. Обеспечение работы СУ в реальном времени проводилось по двум направлениям:

- путем увеличения количества подсистем управления, включающих в себя ЭВМ;
- изменением архитектуры системы: вводом дополнительных уровней предварительной обработки информации для уменьшения времени обмена данными с центральным для подсистемы хостом.

К этому моменту стала заканчиваться эпоха компьютерного класса mainframe. Дальнейшее расширение парка ЭВМ «Одра» сдерживалось отсутствием площадей для их размещения и трудностями приобретения, вопросами энергетики (собственно энергоснабжения, теплоотвода и пр.). Дальнейшее развитие систем на базе ЭВМ серии Одра-1300 шло по пути децентрализации, за счет введения периферийных обрабатывающих центров. Дополнительные уровни обработки информации разрабатывались сначала в виде автономных функциональных узлов затем, при модернизации исполнительного оборудования и переходе на международный стандарт КАМАК, в виде крейтов под управлением программируемых крейт-контроллеров (ПКК).

В качестве варианта интеграции прикладной управляющей системы с супервизором был предложен более низкоуровневый (и, вследствие этого, более эффективный в отношении времени реакции на внешние события) механизм, базировавшийся на функциональности так называемых «trusted programs». Этот механизм был недостаточно полно описан в имеющейся системной документации, и его применение потребовало дополнительного исследования алгоритмов его реализации в рабочих супервизорах.

К началу 1976 г. все эти проработки были завершены, что привело к появлению концепции 2-го поколения управляющих программ в системе «Одра-1300», которая получила название «системная архитектура VGJP». Успешность применения систем с этой архитектурой подтверждается ее распространенностью (к 1985 г. в Институте насчитывалось порядка полутора десятков как автономных систем, так и членов кластера ВЭПП-4). В этой архитектуре рабочие программы могли создаваться в кросс-системе программирования (для этого было необходимо получить доступ к традиционной системе подготовки программ, оттранслировать необходимые программы, перенести «бинарники» на управляющие машины). Типичным циклом в этой системе было резервирование необходимого времени на хост-системе, продуктивное его использование, получение необходимых бинарников на внешних носителях, перенос их на целевые машины и обнаружение того, что допущена глупая ошибка при переходе от версии к версии. Иногда удавалось исправить такие ошибки «на лету», но чаще оказывалось необходимым откладывать итерацию на следующий цикл.

Параллельно развивавшаяся система подготовки программ для архитектуры VGJP (система компиляции, язык TRAN) была запущена к лету 1977 г. Она обеспечивала возможность редактирования исходных текстов рабочих программ, трансляцию и сохранение как «исходников», так и «бинарников» непосредственно на рабочем месте оператора установки. Процесс трансляции был весьма эффективен, и сопоставим с системой, например, Turbo-Pascal – трансляция программы в несколько тысяч строк занимала всего 10-20 секунд. Эти результаты были несопоставимы с возможностями системы кросс-компиляции, вследствие чего большинство пользователей этой кросс-системы мигрировали на локальные ресурсы управляющих компьютеров, что существенно улучшило эффективность подготовки и отладки управляющих программ и дополнительно расширило контингент «практических» программистов. Опыт показал, что в этой системе подготовки кадров в стиле «обучение вприглядку» было достаточно рабочего дня, проведенного за терминалом, чтобы студент (аспирант, стажер, т.е. сотрудник без предварительного опыта программирования) начинал активно участвовать в разработке/отладке рабочих программ комплекса.

В этом поколении ОС были полностью реализованы перечисленные выше требования к операционной системе, системе компиляции и реализации комплекса системных библиотек. Более того, поскольку количество абонентов распределенной системы стало значительным, возник (и был успешно впоследствии решен) вопрос об интегрировании всех абонентов в единую систему в рамках концепции «центральной машины».

В таком качестве использовалась выделенная ЭВМ, к которой через мультиплексор были подключены периферийные машины-абоненты. Центральная машина располагала подключениями подсистем хранения данных (накопители на магнитных лентах в количестве 12 шт., накопители на магнитных дисках (8 Мбайт на накопитель) в количестве 16 шт.), другими подключениями в создаваемую сеть информационного обмена ИЯФ.

Забегая вперед следует отметить, что именно эта система доступа к подсистемам хранения (точнее, к сохраненным копиям данных) обеспечила периферийным управляющим системам установок перспективу выживания после катастрофы 1985 г.

Эффективность использования системы подготовки программ и системных библиотек навела на мысль о целесообразности разработки собственной аппаратной вычислительной платформы, в каком-то смысле повторяющей функциональность используемых аппаратных платформ в архитектуре Одра-1300.

Как уже упоминалось, в качестве периферийных центров обработки информации в СУ использовались программируемые крейт-контроллеры. В Институте, по мере появления новой элементной базы, уже было разработано несколько типов ПКК. В 1979 г. было принято решение о проработке варианта реализации контроллера -микрокомпьютера в стандарте КАМАК, имеющего практически общую систему команд с используемыми хост-компьютерами системы Одра-1300.

Периферийные автономные контроллеры крейтов КАМАК позволяли решить известную проблему сопряжения аппаратуры КАМАК (требующей высокой степени интерактивности взаимодействия) с хост-ЭВМ, однако ограниченные функциональные возможности микропроцессоров, традиционно применявшихся в таких авто-

номных контроллерах, препятствовали широкому использованию распространенных языков высокого уровня для их программирования. Это, в свою очередь, ограничивало круг потенциальных пользователей.

Разработка интеллектуального крейт-контроллера «Одренок», программно совместимого с ЭВМ «Одра», ликвидировала трудности расширения СУ. «Одрята» были хорошо приспособлены для работы в режиме реального времени. «Одренок» был реализован в КАМАК-модуле шириной 2М на схемах большой и средней степени интеграции, включая процессорные секции K1804BC1 (аналог серии AMD2900).

В семействе Одра-1300 последовательно проводится принцип виртуальной машины. Так, каждая пользовательская программа работает в собственном виртуальном адресном пространстве, а уровни операционной системы (ОС) и пользователя различаются аппаратно. В исходной системе команд пользователя отсутствуют низкоуровневые операции ввода-вывода: вместо них применяются высокоуровневые команды обмена, исполнение которых влечет вызов соответствующих примитивов ОС (экстракоды ввода-вывода). Благодаря этому обстоятельству удалось достаточно просто, переписав машинно-зависимое ядро ОС, реализовать сетевую операционную систему, обеспечивающую возможность работы любых программ, ранее работавших в ЭВМ Одра.

Однако в системе команд «Одренка» допускается использование низкоуровневых команд ввода-вывода – сканирование и маскирование регистра LAM, выполнение как одиночных, так и групповых КАМАК-циклов. Этим обеспечивается чрезвычайно высокая производительность приложений в крейтах с уникальным оборудованием, не поддерживаемым супервизором.

В «Одренке» реализована полная система команд пользовательского уровня. Состав привилегированных команд, которые обычно сильно зависят от структуры подсистемы ввода-вывода, в «Одренке» значительно отличается от операционных систем и процессоров серии Одра-1300. Одна из основных целей создания рассматриваемого контроллера – повышение эффективности взаимодействия с аппаратурой КАМАК. Для этого исходная система команд расширена (за счет использования «резервных кодов команд») введением операций для работы с магистралью КАМАК.

Еще в начале 80-х годов, в начале массового производства «Одренка», была обеспечена техническая возможность расширения объема ППЗУ микропрограмм до 2К слов, позволяющая производить замену микропрограммы во всех произведенных «Одрятах» по мере ее совершенствования. Модернизация микропрограммы была проведена по следующим направлениям:

1. Микропрограммно реализована полная система команд архитектуры ICL-1900, включающая некоторые команды с плавающей запятой, исполнявшиеся ранее вызовом соответствующих примитивов ОС, что сократило время их выполнения в 10–100 раз. Реализация полной системы команд значительно повысила производительность Одренка на счетных задачах, улучшила время реакции операционной системы за счет выполнения трудоемких операций на микропрограммном уровне, уменьшила объем памяти, занимаемый операционной системой.
2. По результатам анализа профилей частот использования команд в задачах управления были выявлены команды, вносящие существенный вклад в общее время выполнения программы. Время исполнения таких команд было минимизировано, что потребовало дополнительно всего около 60 строк микропрограммного ПЗУ и позволило ускорить выполнение команд на 25% для LDX, ADX, STO (загрузка регистра-аккумулятора, сложение, сохранение в памяти), на 15% для NGX, SBX, на 35% для LDCH и DCH (символьные операции).
3. Дополнительно введен ряд инструкций, исполняемых по префиксации командой SMO (supplementary modifier). Однократным применением такой инструкции можно подвергнуть элементарной обработке массив целых чисел: произвести операцию с константой (команды «вектор» – «скаляр»), с другим массивом (команды «вектор» – «вектор»), найти сумму элементов массива, min, max. Также методом префиксации по SMO введены команды работы с восьмиразрядным байтом, позволившие увеличить эффективность взаимодействия с оборудованием, имеющим байтовый интерфейс.
4. Для расширения возможностей взаимодействия с магистралью КАМАК создан механизм микропрограммной обработки LAM запросов, т.е., по существу, реализовано ядро ОС реального времени на уровне микрокода. При использовании этого механизма появляется возможность быстрой (масштаба микро-секунд) активизации или остановки процессов в зависимости от появления ожидаемых LAM или состояния других процессов.
5. Разработана новая версия «Одренка» с расширенной до 256К слов оперативной памятью и ускоренным на 30% механизмом доступа в память.

В таблице приведены результаты времени выполнения известного оценочного теста – поиска простых чисел методом решета Эратосфена (целочисленные операции).

ТЕСТ РЕШЕТО ЭРАТОСФЕНА – ПОИСК ПРОСТЫХ ЧИСЕЛ В ДИАПАЗОНЕ: 1-8191 ДЛЯ N=10 ТЕКСТ ИЗ:
J. AND G.GILBREAT «ERATOSTHENES REVISED: ONE MORE TROUGH THE SIEVE».
BYTE MAG. VOL.8 NO.1 P.283, JAN.1983.

ЭВМ	ВРЕМЯ(С)	ЯЗЫК	ПРИМЕЧАНИЕ
ЕС-1061	1.77	F-4	
VAX-11/780	2.3	F-77	
БЭСМ-6	2.6	F-4	
0DREN0K-256K	2.8	TRAN	15 МГц.
VAX-750	2.9		
ЭЛЕКТРОНИКА-79	3.3	F-4	(КЭШ)
0DREN0K-256K	4.2	TRAN	10 МГц.
ОДРА-1305	8.5	TRAN	
ОДРЕНОК-64К	8.5	TRAN	10 МГц.
Э-КА-60 (M2)	24.6	F-4	
IBM/XT 4.7 MHZ	40.	F-77	
Э-КА-60 (M1)	88	F-4	

Особенности архитектуры микроЭвм:

- разрядность слова – 24 бит.;
- адресное пространство – 32 К слов с возможностью расширения до 4 М слов;
- наличие аппаратных средств поддержки мультипрограммирования, включающих схему управления памятью, обеспечивающую поддержку работы программ в собственных (приватных) математических адресах;
- наличие двух режимов (супервизор/задача);
- быстрое аппаратное сохранение и восстановление контекста при обслуживании программных и внешних прерываний;
- развитый механизм передачи программных прерываний в ядро ОС, позволяющий обеспечить полную совместимость с ЭВМ «Одра» на уровне двоичных программ;
- расширение системы команд ЭВМ «Одра» (ICL-1900) операциями для работы с КАМАКом.
- Время, необходимое для осуществления обращения к исполнительному модулю (КАМАК-цикл), составляет от единиц микросекунд (для модулей, находящихся в крейте с «Одренком») до сотни микросекунд (для модулей в удаленных крейтах).

Связь «Одренка» с ЭВМ верхнего уровня или файловой машиной сети осуществляется с помощью отдельного интерфейсного КАМАК-модуля, реализующего прямой доступ к памяти и регистрам контроллера и содержащего средства для дистанционной диагностики и отладки. Это модуль У0605, представляющий собой периферийное устройство иерархической системы связи, и разработанный впоследствии модуль К0631, обеспечивающий подключение по Ethernet.

Был создан транслятор MICR, перекодирующий мнемонику полей управления в бинарные коды, пригодные для прошивки в ПЗУ-вариант. Для сокращения количества микросхем ППЗУ, расходуемых в процессе отладки микропрограмм, были созданы эмуляторы ППЗУ основе ОЗУ, подключаемые в штатное гнездо, присоединяемые к хост-машине по последовательной линии связи.

Кроме того, были разработаны:

- программаторы ППЗУ;
- копировщики ППЗУ для мелкосерийного производства;
- устройства электротермотренировки элементов;
- специальные стендовые устройства для настройки и тестирования блоков в условиях мелкосерийного производства;
- программы для генерации таблиц ППЗУ нужного формата (преобразование форматов, развороты таблицы, инвертирование, перестановки разрядов данных и адресов и т.д.);
- утилиты для программаторов;
- тестовые программы.

Большинство из перечисленных средств широко использовалось разработчиками радиоэлектронного оборудования Института.

Кроме модуля, обеспечивающего связь с хост-ЭВМ, также были разработаны системные КАМАК-модули:

- интерфейс V-24 (RS232);
- интерфейсы винчестеров;
- ОЗУ 256К x 24;
- ПЗУ – загрузчик;

- интерфейс магнитофона;
- интерфейс цветных растровых дисплеев.

Это позволяло использовать «Одренок» в качестве автономной микроЭВМ – рабочей станции.

Естественно, для «Одренка» была разработана самостоятельная операционная система, в максимальной степени совместимая с существующей системой и учитывающая специфику архитектуры.

Первые микроЭВМ «Одренок» (а всего до настоящего времени их было выпущено более трехсот) должны были работать с указанным управляющим хостом с использованием иерархической системы связи, что накладывало серьезные ограничения на возможности связи микрокомпьютера с управляющим хостом и с другими хостами. Следующие из этого сложности диктовали разработку современных интерфейсов для связи по стандартным протоколам ЛВС, что и было реализовано в модуле K0631 и внедрением стандартных протоколов в ОС.

В настоящее время с СУ ВЭПП-3/4 используется 12 «Одрят», объединенных в локальный Ethernet-сегмент. В этот же сегмент включены IBM PC, заменившие устаревшие буквенно-цифровые дисплеи, цветные растровые дисплеи и другое операторское оборудование. В сегменте находится также PC-сервер, выполняющий роль файлового и message-сервера «Одрят». Также к этому сегменту посредством Ethernet-CAN шлюза подключаются современные измерительные и исполнительные устройства, имеющие «на борту» интеллект, позволяющий использовать высокоуровневые протоколы.

Более чем сорокалетний опыт разработки и использования СУ большими электрофизическими установками Института подтверждает, что принимавшиеся на ранних этапах решения по развитию СУ, включая столь радикальные, как разработку собственных микрокомпьютеров, были абсолютно оправданы. Дальнейшее развитие СУ предполагается проводить путем наращивания интеллектуальной мощности исполнительных и измерительных устройств с использованием более мощных процессоров (ARM, DSP), с применением стандартных сетевых протоколов и последовательных интерфейсов (Ethernet, CAN), создания удобной среды разработки, написания и отладки программ работы с установкой – не исключая при этом возможности применения высокоуровневых компонентов СУ, – век-то нынче уже 21-й.

Учебный микропроцессорный комплект и его роль в развитии вычислительной техники

Ахремчик О. Л.

Тверской государственный технический университет
axremchic@mail.ru

Аннотация. В докладе затрагиваются предпосылки создания учебного микропроцессорного комплекта. Описываются структура и основные функции устройства. Анализируются основные достижения, способствовавшие качественному изменению в области изучения микропроцессорных вычислительных систем. Выделяются прикладные технические и фундаментальные философско-психологические проблемы, частичное решение которых достигнуто благодаря использованию комплекта.

Ключевые слова: микропроцессор, обучение, управление, проблема

Learning Microprocessor Complex and its Role in Computing Machinery Development

Akhremchik O.

Tver State Technical University

Abstract. Creation reasons of microprocessor learning complex are considered in the report. A structure and main functions of the device are described. Base achievements for variation the learning of microprocessor computing machinery are analyzed. Applied technical problems, fundamental philosophical and psychological problems which were partially solved under the complex using have been underlined.

Key words: microprocessor, learning, control, problem

1. Предпосылки создания учебного микропроцессорного комплекта

В 70-х годах 20-го века фирма «Intel» выпустила 8-битные микропроцессоры I8008 (1972), I8080 (1974) и I8085 (1976). С целью поддержки функционирования вычислительных систем на базе восьмиразрядных процессоров были разработаны большие интегральные микросхемы: таймер/счётчик, последовательный интерфейс, параллельный интерфейс, контроллер прямого доступа к памяти, контроллер электронно-лучевой трубки, генератор тактовых импульсов, контроллер прерываний. Комплект больших интегральных схем позволил создать достаточно мощные небольшие компьютеры с перспективой применения в разных областях.

Появление аналогов микросхем «Intel» в СССР (микропроцессорный комплект серии K580) привело к возможности разработки многообразия технических устройств с микропроцессорным управлением. В период с 1985 по 1995 годы на территории бывшего СССР во многих сферах деятельности начинают применяться вычислительные средства на базе процессоров невысокой разрядности. В 1986 году журнал «Радио» опубликовал схему компьютера «Радио 86РК». Схема включала 29 микросхем, доступных в СССР. В схему компьютера была заложена возможность подключения внешних устройств, и при несложной модернизации он мог использоваться, как рабочий инструмент радиолюбителя и как обычный компьютер в быту (игры, и т.п.). Позднее был налажен серийный выпуск компьютера под маркой «Микроша». Компьютер строился на основе классической модульной архитектуры с магистральным способом организации взаимодействия модулей.

Использовать технические решения по организации вычислений на базе данного компьютера оказалось непросто. Во многом это определялось достаточно большим многообразием методов взаимодействия больших интегральных микросхем как друг с другом, так и с периферийными устройствами. Развитая система команд (система команд микропроцессоров серии K580 включает 80 команд) и разнообразные способы адресации зачастую приводили к затруднениям как при разработке, так и в ходе эксплуатации технических систем. Большая часть проблем была связана с недостатком знаний технических специалистов в области программирования и обслуживания микропроцессорной техники на базе K580. Широкое использование микропроцессорных интегральных комплектов потребовало разработки учебного оборудования.

2. Разработчики и производители учебных микропроцессорных комплектов

В период с 1983 по 1985 гг. были разработаны и широко начали выпускаться учебные микропроцессорные комплекты (УМК). Разработки УМК были выполнены параллельно сотрудниками Института электронной техники (г. Москва, Россия) и сотрудниками Отдела автоматизации технологических процессов Производственного объединения «ВЭФ» (г. Рига, Латвия). Именно эти вычислительные средства послужили основой для перехода к качественно новой ступени образования в области применения вычислительной техники в промышленности.

Разработка института электронной техники называлась УМПК-80 и была составной частью базового учебного оборудования, построенного на базе микропроцессорных комплектов серий KP580, K589, K1801, K1810, K1816. Комплекс УМПК-80 был разработан А. И. Дядькиным, В. Е. Кушниром, Д. И. Панфиловым, О. А. Романенко, В. С. Сафянюком, С. Г. Шароновым. Массовый выпуск комплекса осуществлялся ВСНПО «Союзвуз-

прибор» (сейчас РНПО «Росучприбор»). Комплекс имел модульную архитектуру и позволял исследовать как одноплатные микроЭВМ, так и персональные компьютеры с развитой периферией. Недостатком УМК-80 было то, что он был бескорпусным и его модули выпускались в виде отдельных плат, устанавливаемых в специализированные лабораторные стенды УМК-80/СП1(СП2).

Разработка, выполненная на базе производственного объединения «ВЭФ», называлась УМК. Комплекс имел подобную УМК-80 схмотехническую реализацию, но поставлялся в виде завершеного изделия, помещенного в корпус (рис. 1). В комплект входила одна макетная плата с установленной на ней микросхемой параллельного интерфейса КР580ВВ55.



Рис. 1. Внешний вид УМК производства объединения «ВЭФ»

Большую роль в рекламе комплексов, в развитии информационного и методического обеспечения для них сыграл цикл публикаций под редакцией ректора Московского института электронной техники Л. Н. Преснухина в 1984–1986 годах, в том числе третий том фундаментального на тот период труда «Микропроцессоры», посвященный использованию УМК80 и УМК. Оба комплекта имели практически одинаковое системное программное обеспечение, которое называлось программа «Монитор».

Далее рассматриваются УМК производственного объединения «ВЭФ». Автор использовал данные комплексы для преподавания курсов «Основы электроники и микропроцессорной техники», «Микропроцессорное управление технологическим оборудованием», «Технические средства автоматизации», «Интерфейсы систем автоматизации и управления» для обучения технических специалистов в Калининградском техническом институте рыбной промышленности и хозяйства (1988-1995 гг.), в Калининградском институте Федеральной пограничной службы (1996-1997 гг.), в Тверском государственном техническом университете (1997-1998 гг.).

3. Состав учебного микропроцессорного комплекта

В состав УМК (рис. 2, 3) входят пластмассовый корпус (1), источник питания (2), модуль центрального процессора (ЭВМ) (3), клавиатура (4), разъем для подключения макетной платы (5) и макетная плата. На горизонтальной панели прибора расположены кнопка включения питания (6), шесть семисегментных индикаторов, составляющих дисплей и отображающих шестнадцатеричные код адреса и значения данных (7), информационные светодиодные индикаторы (8), набор кнопок клавиатуры оператора (9), кнопки переключения режима работы (10).

Индикаторы включали шестнадцать светодиодов для индикации двоичного кода адреса на системной шине адреса; восемь светодиодов для индикации двоичного кода данных на системной шине данных; восемь светодиодов для индикации слова состояния микропроцессора.

Системная программа была записана в постоянную память ЭВМ и занимала 2 Кбайт адресного пространства, начиная с нулевого адреса. Изменить содержание первых 4 Кбайт памяти пользователь не мог. Ему были доступны несколько Кбайт оперативной памяти начиная с адреса 0800 (H).

Структура ЭВМ УМК включает микропроцессор, формирователи шин адреса, данных и управления, схему пошагового исполнения команд, схему сигналов управления, системное постоянное запоминающее устройство ПЗУ, оперативное запоминающее устройство ОЗУ и две больших интегральных схемы параллельного ввода/вывода.

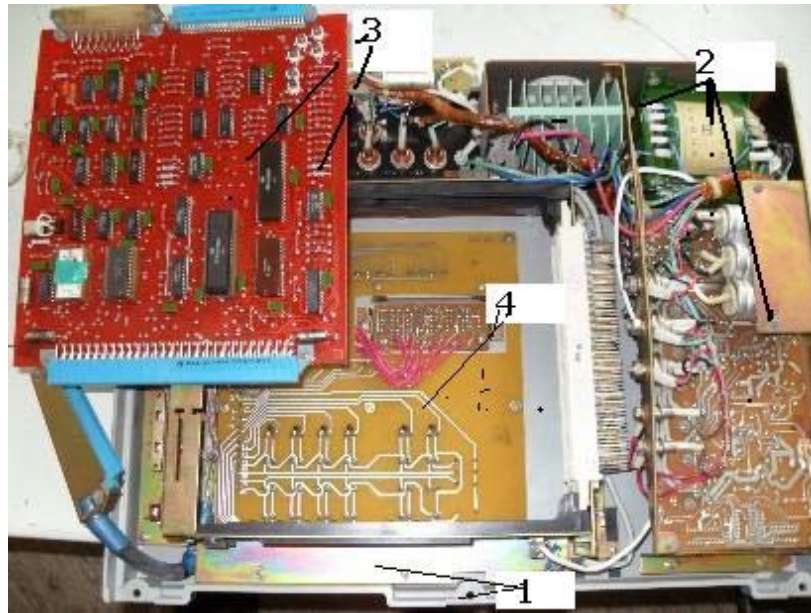


Рис. 2. Состав УМК (вид внутри)

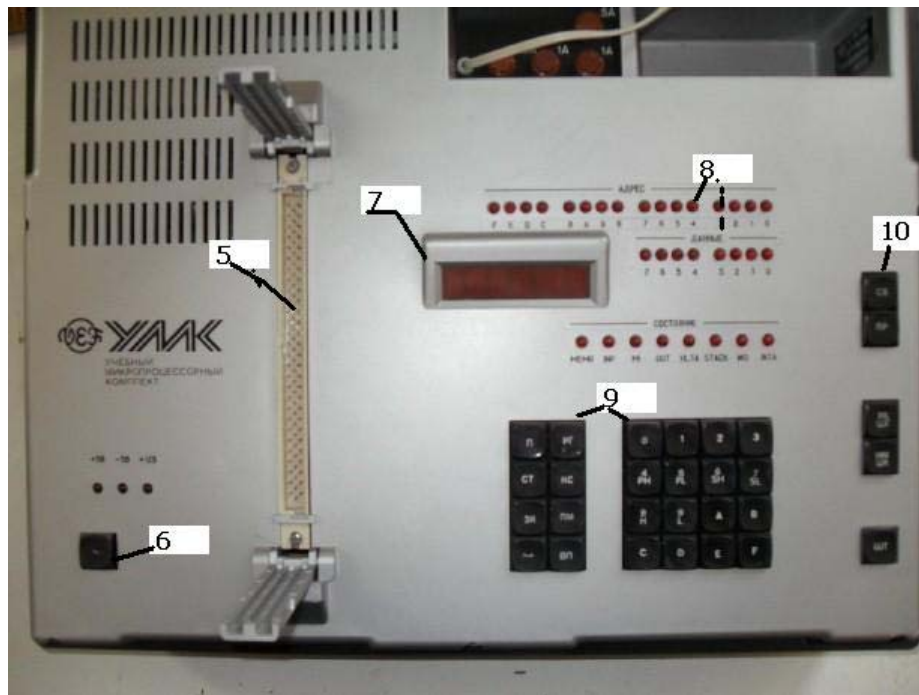


Рис. 3. Состав УМК (вид снаружи)

Разработчиками УМК были задуманы и реализованы три идеи. Первая касалась возможности воспроизведения работы вычислительной системы в пошаговом режиме. Это осуществлялось специальной управляющей клавишей «Работа/Шаг», позволяющей блокировать поступление импульсов от тактового генератора на вход микропроцессора и осуществлять формирование последовательности импульсов в ручном режиме посредством нажатия управляющей кнопки «Шаг». Влияние этого усовершенствования трудно переоценить. Оно позволило исследовать работу вычислительной системы в модельном времени, индивидуально задаваемом каждым пользователем. При этом на индикаторах комплекта отображалась двоичная информация о состоянии всех трех шин системы, что позволяло сформировать целостное представление о последовательности и сложности функционирования центрального процессора. Таким образом, человек мог наблюдать сечения трех временных диаграмм одновременно в подходящем для себя темпе.

Вторая идея основывалась на том, что команды рассматриваемого микропроцессора имеют различную длину (от 1 до 3 байтов) и выполнение каждой команды осуществляется за разное количество машинных циклов. УМК предоставил возможность исследования работы системы по командам или по машинным циклам, что задавалось положением кнопки «Команда/Цикл». Это позволяло детализировать выполнение каждой из 80 команд и рассмотреть, сколько байтов они занимают и какие машинные циклы они включают.

Реализация данных идей позволила преодолеть психологический барьер, связанный со скоростью проте-

кающих в вычислительной системе процессов обмена информацией и скоростью человеческого восприятия и осознания данной информации. Пользователь получил возможность интерпретации временных диаграмм функционирования микропроцессорной системы.

Третья идея была поистине революционной. Она дала возможность пользователю через разъем для подключения внешней макетной платы обеспечивать взаимодействие с вычислительной системой большого числа внешних устройств. К ним относились: контроллеры прерываний и прямого доступа к памяти, последовательный интерфейс, аналого-цифровой и цифро-аналоговый преобразователи, кодеры и декодеры, датчики с дискретным сигналом и транзисторные ключи. При этом производители выпустили дополнительный набор внешних плат, не входивших в базовую комплектацию, которые избавляли пользователя от необходимости самому разрабатывать и изготавливать внешние устройства. В то же время пользователь мог создавать свои устройства на поле основной макетной платы, которой комплектовался УМК.

Такой подход позволил расширить область применения УМК и использовать его не только для изучения функционирования микропроцессорной системы, но и для создания и отладки аппаратуры для регистрации динамических процессов, управления технологическими параметрами. Остановимся на том, что все взаимодействие можно было исследовать в пошаговом режиме, позволяющем сколь угодно долго сохранять состояния микропроцессора и всех компонентов с отображением на лицевой панели УМК.

4. Основные лабораторные работы на базе учебного микропроцессорного комплекта

Лабораторные работы, выполняемые на УМК, можно разделить на три группы. Первая группа касается изучения системы команд, способов адресации и режимов работы восьмиразрядных процессоров компании «Intel». Вторая группа направлена на изучение программирования и режимов работы больших интегральных схем, поддерживающих функционирование микропроцессора. Третья группа касается изучения системных аспектов взаимодействия микропроцессора, поддерживающих его микросхем и внешних устройств (например, аналого-цифрового преобразователя или электронно-лучевой трубки).

Первые две группы работ лабораторного практикума на базе УМК имели хорошо проработанное методическое обеспечение. Издательство «Высшая школа» выпустило многотысячным тиражом несколько десятков пособий, посвященных использованию УМК. Третья группа работ была проработана в методическом плане менее широко, но она выполнялась в комплексе с НИР (например, работ, направленных на исследование различных типов датчиков).

Многообразие работ позволило на основе УМК создать лабораторные практикумы для большого набора дисциплин разных технических специальностей. При этом соблюдался очень важный принцип преемственности содержания курсов и их целостное представление в системе знаний, умений и навыков специальности. Эта преемственность основывалась на применении УМК в 3–5 курсах (например, для специальности «Эксплуатация судового электрооборудования» практикум по следующим дисциплинам: «Основы электроники и микропроцессорной техники», «Микропроцессорное управление технологическим оборудованием», «Проектирование цифровых систем управления»).

Решение задач на УМК включало этапы: составление алгоритма решения задачи; составление программы, реализующей данный алгоритм в системе команд восьмиразрядных процессоров «Intel»; ввод программы в УМК; выполнение программы и составление отчета. Почти все алгоритмы требовали организации несложных вычислительных процессов, связанных с выполнением простых логических и арифметических операций.

Практика применения УМК показала, что на первых этапах изучения возникали сложности, связанные с выбором способов адресации и методикой набора ассемблерных программ в шестнадцатеричном коде. Переходя от простых операций сложения однобайтных чисел и операций маскирования к инициализации внешних программируемых интегральных схем и далее к обмену информацией в последовательном и параллельном интерфейсах, обучаемые начинали осознавать логику работы вычислительной системы. Особый интерес вызывали не простые вычислительные операции и демонстрация возможностей микропроцессора, а решение реальных инженерных задач – управление двигателем постоянного тока, срабатывание системы аварийной световой и звуковой сигнализации, реализация цифрового фильтра или ПИД регулятора технологического параметра. Эти модели наглядно демонстрировали достижения и преимущества вычислительных средств на базе комплекта больших интегральных схем по сравнению с классическими тогда сериями малых цифровых интегральных схем (K155, K555 и др.), не говоря о релейной автоматике и модулях типа «Логика Т», «Транслог» и др.

5. Решение комплекса проблем на основе использования комплекта

Опыт применения УМК позволяет выделить общие требования к учебному оборудованию для изучения средств вычислительной техники: невысокая стоимость и доступность; возможность отображать процессы передачи и преобразования данных в устройстве; возможность как независимого применения УМК, так и в составе других устройств; возможность ручного управления режимом выполнения программ; хорошо разработанное методическое и программное обеспечение; возможность расширения УМК за счет разработки собственных модулей.

Разработка и использование учебного микропроцессорного комплекта позволили осуществить постановку и частично решить комплекс проблем. К числу прикладных технических проблем следует отнести:

- обеспечение качественной подготовки квалифицированных кадров, способных осуществлять разработку и настройку программно-технических средств автоматизации и систем управления технологическим оборудо-

ванием на их базе, что способствовало широкому использованию средств вычислительной техники в сфере управления технологическим оборудованием;

- отставание процесса разработки методического обеспечения и учебного оборудования от процесса обновления элементной базы вычислительной техники, что способствовало передаче части обучающих функций дистрибьютерам программно-технических систем с ориентацией процесса обучения на конкретного пользователя, а не проектировщика новых систем;
- ориентация на определенного производителя в образовательном процессе (процессоры фирмы «Intel»), что дает отложенный положительный эффект в виде дальнейшей ориентации пользователей на продукцию этого производителя.

К числу фундаментальных философско-психологических проблем можно отнести:

- значительный прогресс микропроцессорных систем по сравнению с психологическими возможностями человека, при этом учебный микропроцессорный комплект продемонстрировал возможность создания методов и средств для восприятия и осознания человеком технических систем и процессов функционирования данных систем в индивидуальном временном масштабе за счет физической реализации временных диаграмм в пошаговом режиме;
- потеря актуальности огромных массивов информации и результатов исследований в связи с появлением и развитием новых технических систем. Суть проблемы состоит в отведении значительного объема времени на изучение методов математического описания дискретных систем, рассмотрение прохождения непрерывного сигнала через цифровую ЭВМ. В то же время быстроедействие процессоров УМК и систем следующих поколений на основе теоремы Котельникова-Шеннона позволяло для большей части инженерных специальностей исключить данный материал, сосредоточившись на аспектах макетирования реальных систем, а не исследовать математические модели их функционирования с привлечением довольно сложного математического аппарата, не востребованного в инженерной практике;
- ориентация средств обучения типа УМК на изучение алгоритмически проработанных и математически поставленных задач, что не дает возможности получения навыков для решения ситуационных задач, исследования процедур «анализ через синтез» и др.

Переход на двухуровневую систему подготовки в соответствии с Болонским соглашением в России не ослабил актуальности применения систем, подобных УМК. Однако стремительное развитие микропроцессорной элементной базы, ее проектирование и производство вне стран бывшего СССР приводят к возрастанию времени, затрачиваемого на подобные разработки. Время разработки учебного комплекса и время жизненного цикла самого комплекта интегральных схем, изучаемых в УМК, соизмеримы. Поэтому шире следует применять мультимедийные тренажерные комплексы, позволяющие осуществить разработку и производство моделей устройств, выпускаемых мелкими сериями, с ориентацией на процесс обучения потенциального пользователя. При этом наличие мультимедийной модели становится неотъемлемым свойством вычислительной системы, как в свое время наличие учебного микропроцессорного комплекта являлось свойством комплекта больших интегральных схем K580.

Музей истории вычислительной техники в Казани: деятельность и направления развития

Бадрутдинова М.Ш.
Музей истории вычислительной техники, Казань
ava@icl.kazan.ru

Kazan' Computer History Museum: the Basic Trends of Development and Activity

Badrutdinova M.
Kazan' Computer History Museum

«Кто владеет прошлым, тот владеет настоящим, кто владеет настоящим, тот владеет будущим». Л. Гумилёв
«Интерес к прошлому – это забота о будущем» Дм. Лихачёв

Музей истории вычислительной техники в Казани открыт в октябре 1982г. как структурное подразделение Казанского завода электронных вычислительных машин (с 1988 года Казанское производственное объединение вычислительных систем - КПО ВС). В сентябре 2003 г. музей восстановлен и обновлён как структурное подразделение ОАО «ICL-КПО ВС».

Музей возглавляли: В.Н. Ерохин (1974–1986), Н.В. Романова (1986–1995) и М.Ш. Бадрутдинова (с 1998 г. по настоящее время).

Музей входит в Ассоциацию научно-технических музеев Российского Международного Совета музеев.

Музей выполняет следующие важные функции:

- 1) научно-просветительскую;
- 2) мемориальную;
- 3) представительскую.

Подготовка и создание экспозиции сопровождается научно-исследовательской работой, активным комплектованием подлинных материалов или копий.

Главной проблемой является трудность доступа к архивным материалам, так как КПО ВС прекратило существование в 1994 г., а после разгосударствления все материалы переданы в Национальный архив РТ.

Цель экспозиции – показать историческое значение деятельности КПО ВС и ОАО «ICL-КПО ВС» в становлении информационных технологий как в Казани и в Республике Татарстан, так и во всей стране.

Задачи экспозиции:

- 1) поэтапный показ истории завода ЭВМ (КПО ВС) в XX–XXI веках, с выделением основных направлений деятельности по каждому поколению ЭВМ;
- 2) представление истории завода ЭВМ (КПО ВС) на фоне этапов развития страны;
- 3) представление преемника завода КПО ВС – ОАО «ICL-КПО ВС» как качественно нового этапа развития информационных технологий;
- 4) отражение конкретных личностей, профессионалов, сыгравших значительную роль в истории КПО ВС и ОАО «ICL-КПО ВС»

Основу экспозиции составляют музейные коллекции, фонды, в которых находятся музейные раритеты и предметы, имеющие историческое, мемориальное значение. Главное в экспозиции – подлинный музейный предмет (раритет) с его точной атрибуцией, и установлением точек пересечения исторического процесса с предметом.

В экспозиции музея представлена история строительства завода МатМаш (затем завод ЭВМ, далее КПО ВС) с чистого листа.

На планшетах представлены первые руководители цехов и служб завода, история создания цехов, достижения. На них также представлены три поколения ЭВМ, которые выпускались заводом: М-20, «Сетунь», «Наири», М-220, М-220А, М220М, М-222, ЕС-1030, ЕС-1033, ЕС-1045, ЕС-1046, матричный процессор ЕС 2700, терминальная ЭВМ ЕС 1007, процессор телеобработки данных, АЦПУ различных модификаций.

На стендах представлены подлинные фрагменты М-20: ячейки, пульт, оперативная память. Также представлены фрагменты ЭВМ «Сетунь», «Наири», М-220, М-222, ЕС-1030, ЕС-1045, ЕС-1046 и контрольно-измерительной аппаратуры собственной разработки. Представлен образец электронной стойки с пультом управления ЭВМ ЕС-1045 и АЦПУ ЕС-7036. Главной составной частью комплектования музейных фондов является собирательство. Это дары ветеранов, сотрудников различных вычислительных центров и организаций. Работа по пополнению фонда никогда не прекращается, какими бы значительными они ни были. В настоящее время проводим работу по учёту основного и вспомогательного фондов.

Одной из важнейших задач деятельности музея ОАО «ICL-КПО ВС», осуществляемой совместно с Ассоциацией и Политехническим музеем, является выявление и сохранение памятников науки и техники. В нашем музее имеется достаточное количество раритетов вычислительной техники: ЭВМ М-20, ЭВМ «Сетунь» и другие, достойные присвоения высокого статуса «Памятник науки и техники».

В планы работ музея включена работа по созданию электронной версии музея. Кроме того, мы участвуем в работе семинаров по линии Ассоциации, выступаем с докладами на конференциях, подготовили статьи в виртуальном компьютерном музее, журналах и газетах

В 2003 г. подготовлена и издана многостраничная книга «История КПО ВС», в 2008 г. написано 20 статей для книги «Связь России» издательства «Столичная энциклопедия».

Посещение музея обязательно для всех вновь принимаемых сотрудников ОАО «ICL-КПО ВС», входит в программу ежегодно проводимых в ОАО «ICL-КПО ВС» турниров студентов и школьников Татарстана. Мы проводим экскурсии для различных делегаций и гостей ОАО «ICL-КПО ВС». Школьники и студенты ВУЗов города активно посещают музей.

Гостями музея были председатель Совета директоров Fujitsu Ltd. Наоюки Акикуса (Япония), посол Великобритании в России Анн Прингл, старший вице-президент Fujitsu Technology Solutions в кластере «Развивающиеся рынки» Нив Шпельман, президенты РТ М.Ш. Шаймиев, Р. Н. Минниханов, премьер-министр РТ И.Ш. Халиков, министры РТ.

В музее ежегодно отмечаются День Победы, День пожилого человека для ветеранов в октябре, День музея – 18 мая, День республики Татарстан – 30 августа.

Институт математики и информатики Латвийского университета и три социально-технологические волны ИТ

Балодис Р., Опмане И.
Институт математики и информатики Латвийского университета (ИМИ ЛУ)
imcs@lumii.lv, inara.opmane@lumii.lv

Аннотация. Институт математики и информатики Латвийского университета (ИМИ ЛУ) создан в 1959 г. и в то время он был четвертым аналогичным вычислительным центром (ВЦ) СССР. Сейчас ИМИ ЛУ является ведущим научным центром Латвии по математике и информатике. В докладе выделены три социально-технологические волны ИТ:

- 1959 по 1970 гг. – первоначальный этап становления института, использование ЭВМ серии БЭСМ и Минск.
- 1970 по 1990 гг. – переход СССР от БЭСМ и Минск к производству ЕС ЭВМ и адаптации больших вычислительных машин фирмы IBM.
- 1990 по настоящее время – широкое применение персональных машин и интернета, интеграция Латвии в Евросоюз.

В докладе показана деятельность института в эти годы, а также влияние существенных изменений в технологиях на его развитие. В таблицах отражаются используемые ЭВМ, а также процесс создания научных лабораторий. В 1984 году в Институте создан и до сих пор работает музей ЭВМ и ИТ.

Ключевые слова: история информатики, вычислительные машины, научные исследования.

The Institute and Three Socio-technological Transformations of IT

Balodis R., Opmane I.
Institute of Mathematics and Informatics, University of Latvia

Abstract. Institute of Mathematics and Informatics of University of Latvia (IMCS UL) was established in 1959 and at that time was the fourth similar computing centre in the USSR. Currently IMCS UL is the leading scientific centre in Latvia in the fields of mathematics and informatics. The report identifies three socio-technological transformations of information technology (IT):

- from 1959 till 1970 – initial development of IMCS UL, operation on the basis of «BESM» and «MINSK» computers;
- from 1970 till 1990 – transition from «BESM» and «MINSK» computers to production of «ES EVM» and adaptation of IBM's mainframes;
- from 1990 till nowadays – extensive application of personal computers and internet, integration of Latvia in the European Union.

The report describes IMCS UL's activities during those years as well as the influence of technological advances on the development of IMCS UL. The tables included in the report present computers of scientific laboratories. In 1984 IMCS UL set up IT museum which is operating and still maintained. At present the museum takes space of 230 square meters, contains 13116 exhibits among them 504 hardware units, 287 components of large and small electronic computing machines, 98 personal computers and 44 printers. Each year the museum is visited by approximately 500 people.

At the end of the report conclusions are given; the report contains fact materials in the form of tables and photos from IMCS UL's museum.

Keywords: history of informatics, computers, scientific research.

Социально-технологические волны ИТ

Развитие информационных технологий (ИТ) за последнее 50-летие пережило три социально-технологические волны.

Первая волна – становление индустриального производства ЭВМ (1960–1970). Это были первые оригинальные ЭВМ советского производства серии БЭСМ и Минск.

Вторая волна – производство ЕС ЭВМ и период адаптации разработок фирмы IBM (1970-1990).

Третья волна (последняя) – производство персональных ЭВМ, бурное внедрение интернета, глобализация ИТ. Для Латвии эта волна сопровождалась значительными социальными переменами - интеграцией в Евросоюз.

В докладе на фактах показана деятельность научно-исследовательского института прикладного характера в области математики и информатики при этих социально-технологических переменах.

Институт математики и информатики Латвийского университета

Институт математики и информатики Латвийского университета (ИМИ ЛУ) основан в 1959 году как вычислительный центр научного характера. Он был четвертым такого рода учреждением в Советском Союзе, созданным с целью развития индустрии Латвии. Количество работников института менялось в разное время в пределах от 120 до 450 человек, в настоящее время в нем около 230 сотрудников. ИМИ ЛУ является самостоятельным юридическим лицом (основатель Латвийский университет), вторым по величине научным институтом

Латвии и ведущим в Латвии в области ИТ. Основой деятельности многих научных лабораторий института было использование технологически передовых ЭВМ. Поэтому далее рассмотрим развитие материальной базы ИМИ ЛУ. С развитием технологий производства старые ЭВМ заменялись новыми, а демонтированные вычислительные средства передавались в музей, полностью или в конструктивных элементах. Сейчас музей занимает площадь 230 м², содержит 13116 экспонатов, в числе которых 504 блока аппаратуры, 287 компонент больших и мини ЭВМ, 98 персональных компьютеров, 44 принтера. В течении года музей посещает 500 человек. Доклад иллюстрируют фотографии из музейных собраний. Музей располагает конструктивными элементами всех ЭВМ, о которых говорится ниже.

История использования ЭВМ в ИМИ ЛУ

Промышленное производство БЭСМ началось в 1958 году. Первая ЭВМ БЭСМ-2 с производственным номером 5 была установлена в ИМИ ЛУ в 1960 году. Этот факт указывает на значимость института в СССР. Обслуживающий персонал ЭВМ был многочисленным, их эксплуатация требовала множества доработок нашими инженерами, например, было проведена модернизация БЭСМ-4 с подключением FACIT ECM 64 (магнитная лента карусельного типа производства Facit Electronics AB, Stockholm, имитирующая прямой доступ к данным с помощью многих отдельных минилентопротяжек).

В таблице 1 показан парк ЭВМ периода становления ИМИ ЛУ.

Таблица 1. Первые вычислительные машины ИМИ ЛУ

Время использования	ЭВМ
11.04.1961–21.08.1970	БЭСМ-2 (5000 операций в секунду)
29.06.1964–3.04. 1972	БЭСМ-2М
11.04.1967–6.04.1978	БЭСМ-4 (20 000 операций в секунду)
	Подключение FACIT ECM 64
1968–1975	Минск-22, Минск-23, Минск-32

В исключительных ситуациях в Советском Союзе можно было за валюту купить ЭВМ западного производства. Так с 03.09.1969 по 03.04.1983 в ИМИ ЛУ эксплуатировалась ЭВМ GE415 (до 90 000 операций в секунду) производства General Electric (эти ЭВМ фирма производила в период 1964–1968).

Вторая социально-технологическая волна ИТ началась решением правительства СССР о прекращении производства оригинальных ЭВМ взамен адаптации больших вычислительных машин фирмы IBM. ИМИ ЛУ производил адаптацию только одной системы ЕС ЭВМ – Conversational Remote Job Entry (CRJE) в начале 70-х годов.

Таблица 2. Большие вычислительные машины ЕС ЭВМ в ИМИ ЛУ

Время использования	ЭВМ
16.05.1974–31.12.1978	ЕС ЭВМ-1020 (11 800 операций в секунду)
1976–31.12.1987	ЕС ЭВМ-1022 (80 000 операций в секунду)
02.1980–31.12.1987	ЕС ЭВМ-1022-02 (80 000 операций в секунду)
12.1982–1990	ЕС ЭВМ-1060-02 (100 000 операций в секунду)
2.03.1983–06.1989	ЕС ЭВМ-1055М (450 000 операций в секунду)
25.10.1989–10.1992	ЕС ЭВМ-1037 (4 000 000 операций в секунду)

ЕС ЭВМ в ИМИ ЛУ эксплуатировались до 1992 года и были выключены из-за экономической неэффективности использования в данном классе институтских задач (большое потребление электроэнергии и большое количество обслуживающего персонала).

Таблица 3. Рабочие станции в ИМИ ЛУ

Время использования	Рабочая станция
23.03.1981–06.1989	CM-4
24.03.1985–05.1989	IZOT-1016S
30.04.1987–1990	IZOT-1055S
7.06.1989–1990	IZOT-1080

Таблица 4. Микрокомпьютеры и персональные компьютеры в ИМИ ЛУ

Время использования	Компьютеры
1985–1993	„Acorn” учебный класс Великобритании
1986–1993	„ISKRA-226” „DVK” „KUVT-86” „BK-0010” „Robotron – 1715”(Восточная Германия) „Yamaha” (Япония)
1989–1993	ISKRA-1030, IBM XT, AT, Mazovia, PS2

Так завершилась вторая социально-технологическая волна ИТ, а третья волна началась с широкого использования брендов западного производства.

Работы в ИМИ ЛУ периода первой и второй социально-технологической волны ИТ

Первые советские ЭВМ имели много технологических недоработок, которые выявлялись в процессе эксплуатации. В институте в целях модернизации была создана специальная инженерная лаборатория. В течение лет объем работ постепенно сокращался, такая надобность к концу 80-х отпала. Тем не менее, службы ремонта, обслуживания и компоновки компьютеров и в настоящее время широко развиты (действуют как фирмы), этот процесс рассматривается нами как хороший пример аутсорсинга ИТ.

С развитием ЭВМ развивались АСУ (республиканская АСУ), создавалось множество отраслевых ВЦ. Институт был ответственным за общесистемное программное обеспечение (методика, выбор, обучение) и создавал программное обеспечение отдельных АСУ.

Таблица 5. АСУ и информационные системы, разработанные в ИМИ ЛУ (1970–1980)

Описание	ЭВМ, операционная система
АСУ сельхозтехники и бухгалтерская система	Минск-22, -32
Моделирование трафика городского транспорта	БЭСМ-4
Система оперативного планирования производства	GE-415
АСУ завода Коммутатор	Ge-415
Система управления строительством объекта	Ge-415
АСУ Минвуза	ОС ЕС ЭВМ
Оптимизация выращивания агрокультур на участках земли	ОС ЕС ЭВМ
Расчет и выплата пенсий в республике	ОС ЕС ЭВМ
Информатика в школе	РС

Хорошая оснащенность вычислительной техникой существенно способствовала развитию научных лабораторий и разработке инновационных технологических программных продуктов.

Таблица 6. Оригинальные программы, разработанные в ИМИ ЛУ в период с 1970 г. до 1990 г.

Язык программирования или программное средство	Описание	ЭВМ (операционная система)
Fortran	Реализация транслятора, транслятор имел ограничения	БЭСМ-4
SMOD	Система макрокоманд обработки данных	Минск-32
TRANS	Автоматизация трансляции, отладки и выполнения программ	Минск-32
PL/1	Оригинальный ПЛ-1 компилятор (интерпретатор). Интерпретация PL/1 команд на визуальной ПЛ-1 машине (модель для отладки программ). Монография по ПЛ-1, изданная дважды издательством «Статистика», а также на польском языке в Варшаве	ОС ЕС ЭВМ
RIGAL	Язык и среда разработки компиляторов	ОС ЕС ЭВМ, СМ-4, ИЗОТ
SDL (System description language)	Система прототипирования и отладки программ SDL, описывающих системы реального времени (например, телефонные центры, спутниковые системы)	СМ-4, ИЗОТ
MAUS (Учет машинного времени)	Система учета машинного времени и использования ресурсов ЭВМ. Вычисление стоимости использования ЭВМ.	ЕС ЭВМ, система была включена в базовую поставку ЕС ЭВМ. Серебряная медаль ВДНХ.

Таблица 7. Создание научно-исследовательских лабораторий ИМИ ЛУ

Лаборатория		Время деятельности
Развитие направления математической физики		
Отдел решения физико-технических и экономических задач		1961–1968
Отдел физико-технических задач		1968–1980
Отдел математической физики		1981–1996
Лаборатории	Лаборатория дифференциальных методов	1972–1991*
	Лаборатория спектроскопии атомов и математические расчеты квантомеханических систем	1972– *
	Лаборатория теории кристаллизации	1974–1987
Отдел обычных дифференциальных уравнений		1972–настоящее время
Лаборатории	Лаборатория краевых задач	1976–1993
	Программирования прикладных задач математической физики	1976–1991
	Отдел нелинейных дифференциальных уравнений	1991–1997*
Отдел магнитной гидродинамики		1972–1989
Лаборатория моделирования магнитной гидродинамики		2006–настоящее время
Лаборатория парциальных дифференциальных уравнений		1990–настоящее время
Развитие направления теоретических исследований		
Отдел теоретических исследований		1961–1968
Отдел приближенных методов		1969–1981
Лаборатория прикладных задач теории графов		1982–1991*
Лаборатория математического моделирования электронных цепей		1973–1991
Отдел математических методов автоматизированного проектирования		1985–1993
Отдел физико-технических задач математического моделирования		1982–1983
Лаборатория численных методов схемотехнического моделирования		1985–1991
Отдел математического моделирования микроэлектроники		1989–1992-*
Лаборатория технологий математического моделирования		1992–2000
Лаборатория математических технологий		2006–настоящее время
Развитие направления теоретических исследований un tālak IT		
Отдел экономических исследований (отделился от отдела физико-технических задач)		1969–1973
Лаборатория сетевого планирования		1967–1972
Отдел исследования операций		1968– *
Лаборатория систем массового обслуживания		1976–1991
Лаборатория теории вероятностей и статистики		1973–1978*
Отдел математического обеспечения республиканской АСУ		1971–1975
Отдел автоатизации программирования		1975–2009
Лаборатория системного моделирования и програмных технологий		2010–настоящее время
Лаборатории	Лаборатория алгоритмов и теории программирования	1975–1986*
	Лаборатория технологий программирования	1981–1993*
	Лаборатория системного программирования	1975–1980
		1981–1992
Разработка информационных систем и другие задачи		
Отдел автоматизированных систем обработки данных		1974–1987
Лаборатории	Лаборатория специального программного обеспечения	1974–1984
	Лаборатория ПО соцобеспечения	1972–1978
	Лаборатория ПО информационных систем	1974–1986
	Лаборатория АСУ Латминвуз	1981–1985
Фонд алгоритмов и программ		1971–1981–1986
Лаборатория школьной информатики		1985–1991

*) Исследования сохранились с переходом сотрудников в другие отделы

Статистика показывает, что в целом переход на вторую волну ИТ не вызвал спада в деятельности института, напротив, в это время вырос спрос на применение ЭВМ и создание новых научных лабораторий.

Направление развития ИМИ ЛУ с 1990-х годов

Третья социально-технологическая волна ИТ начала 1990-х годов характеризовалась широким применением персональных компьютеров и интернета. Латвия перешла к интеграции в Евросоюз, что означало, помимо технологических перемен, и глубокие социальные последствия, и финансовые изменения. Первым шагом института было создание новой технологической базы. С 1992 года институт создавал академсеть Latnet (сейчас Sigmanet) и публично предоставлял услуги интернета из центра данных. В настоящее время эта деятельность расширена функциями администрирования имен доменов .lv высшего уровня, администрирования деятельности регистратур и выполнением функций CERT (Computer Emergency Response Team) государственного значения.

Помимо этого отметим создание пяти новых научных направлений:

- Исследования по компьютерной лингвистике. Институт является членом сети языковой е-инфраструктуры Евросоюза CLARIN и META-NET.
- Исследования в области Semantic Web.
- Создана лаборатория реального времени. Исследования начались с применения средств SDL (см. таблицу 6) к сетевым протоколам при создании радиостанций (совместно с фирмой TELOS, США) и применения сенсорных сетей в сельском хозяйстве.
- Возобновление работы группы исследователей по графам (см. таблицу 7) и разработки средств представления и визуализации сложных графов на плоскости (совместно с фирмой Tom Sawyer Software, США).
- Разработка технологических средств моделирования поведения информационных систем и методов трансформации таких моделей.

Заключение

1. При замене ЭВМ типа БЭСМ и Минск на машины ЕС ЭВМ в институте не наблюдался спад научной активности, наоборот, создавались новые лаборатории по математической физике, финансируемые на основе договоров с предприятиями оборонной промышленности СССР.
2. С 70-х годов началось массовое использование ЕС ЭВМ в народном хозяйстве, создавались отраслевые ВЦ. Институт оказывал консультативную поддержку по запуску, эксплуатации и использованию ЕС ЭВМ (ОС, СУБД и др.) и создавал специальное программное обеспечение, в том числе программное обеспечение АСУ (система выплаты пенсий, АСУ ЛатМинВуз и др.).
3. Институт разработал систему учета использования машинного времени и других вычислительных ресурсов, которая входила в базовое программное обеспечение ЕС ЭВМ на заводах-изготовителях. Также широко использовался учебник по языку ПЛ-1 и оригинальный ПЛ-1 интерпретатор.
4. Третья социально-технологическая волна ИТ с начала 90-х характеризовалась массовым использованием персональных компьютеров и началом эры интернета. Латвия перешла к интеграции в Европейские структуры поддержки науки: академсеть GEANT, GRID, проекты FP5, 6, 7, участие в ERIC (European Research Infrastructure Consortium). Перемены для института были более глубокими, чем в начале 70-х, и поначалу имел место спад научной активности.
5. Авторитет института на Европейском уровне, можно полагать, возобновлен только в настоящее время. Об этом говорит относительно высокий уровень е-инфраструктуры для научной деятельности: сеть, вычислительные ресурсы Cloud Computing, SAN (Storage Area Network), GRID, HPC (High Performance Computing).
6. Можно утверждать, что теоретические исследования института по математической физике (дифференциальные уравнения, теоретические методы моделирования физической среды и т.д.) и вычислительным наукам (автоматы, сложность алгоритмов и вычислений, квантовые вычисления) развивались равномерно. И если мы можем говорить о наличии проблемы старения научного состава математиков института, то в отношении представителей вычислительных наук такой проблемы нет. Кроме того, зарубежные научные контакты специалистов по вычислительным наукам еще во времена СССР были достаточно открытыми.

Список литературы

1. R. Balodis, Ju. Borzovs, I. Opmane, A. Skuja, Ev. Ziemele. Research directions profile in the Computing museum of the Institute of Mathematics and Computer Science, University of Latvia (IMCS), The Third IFIP WG 9.7 Working Conference on History of Nordic Computing, Stockholm 18 - 20 October 2010.
2. R. Balodis, J. Borzovs, I. Opmane, A. Skuja, E. Ziemele. Research directions profile in the Computing museum of the Institute of Mathematics and Computer Science, University of Latvia (IMCS), Proceedings of the Third IFIP WG 9.7 Working Conference on History of Nordic Computing, Springer, 2011.
3. R. Balodis, I. Opmane. Philosophy of computing in a small country: historical aspects. International Conference: History and Philosophy of Computing, Gent, 7-10/11/2011.

Язык Форт в СССР и России

Баранов С.Н.

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН)
SNBaranov@gmail.com

Forth Applications in Russia

Baranov S.

St.Petersburg Institute for Informatics and Automation of Russian Academy of Sciences (SPIIRAS)

Язык Форт стал известным в нашей стране начиная с конца 70-х годов. Возникнув в США – первая официальная публикация появилась в 1974 г. [1] – этот язык вскоре получил заметное признание как быстрое и эффективное средство создания содержательных приложений для микропроцессорных устройств, где особенно важна была максимальная экономия оперативной памяти. В США была вскоре создана «Форт-группа по интересам» [2], действующая и поныне, поставившая своей задачей стандартизовать этот язык и популяризировать его.

В то время шло бурное развитие микропроцессорной техники, появились первые отечественные микропроцессоры, одним из которых был К580ИК80 – аналог процессора Intel 8080. В Вычислительном центре Ленинградского университета тогда образовалась группа по созданию программного обеспечения (ПО) для микроЭВМ на базе этого микропроцессора, которой руководил Б.А. Кацев. Обладая замечательным организаторским талантом и известностью в промышленности, он привлек к этой работе талантливых молодых сотрудников ВЦ. Были заключены договоры с московскими отраслевыми институтами НИЦЭВТ и НИИСЧЕТМАШ на разработку ПО для создаваемых ими терминалов на базе процессора К580ИК80. Основными вычислительными мощностями ВЦ в то время были машина ЕС ЭВМ 1030 и уже выводимые из эксплуатации М-220 и М-222; поэтому для отладки разрабатываемого ПО было решено сделать на ЕС ЭВМ кросс-систему для К580, включавшую ассемблер и эмулятор кода.

Разработка кросс-ассемблера велась на языке PL/I и заняла больше полугода. Исходный код по тем представлениям оказался огромен – более тысячи строк на PL/I. Для его трансляции приходилось снимать все параллельно идущие пакетные задания и отдавать весь резерв оперативной памяти (а всего ее было, кажется, 512К) транслятору с PL/I.

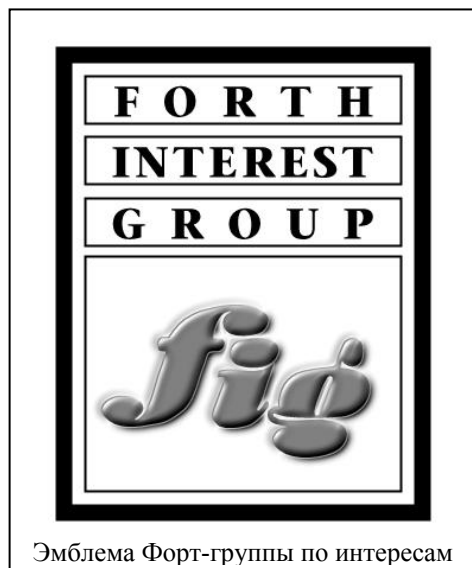
Разработка кросс-ассемблера велась на языке PL/I и заняла больше полугода. Исходный код по тем представлениям оказался огромен – более тысячи строк на PL/I. Для его трансляции приходилось снимать все параллельно идущие пакетные задания и отдавать весь резерв оперативной памяти (а всего ее было, кажется, 512К) транслятору с PL/I.

В это время нам попался экземпляр журнала (кажется, это был Dr.Dobb's Journal), в котором был приведен листинг ассемблера для Intel 8080 на языке Форт, состоявший всего из 54 строчек текста, треть которого занимала таблица зна-

комых нам мнемоник ассемблерных команд. При этом авторы утверждали, что это полный ассемблер, охватывающий все режимы и особенности команд Intel 8080! Было потрачено немало времени на выяснение того, как это сделано (через конструкции CREATE DOES>), но как только мы это поняли, то сразу оценили всю мощь и красоту этого подхода. Разумеется, никаких других текстов о Форте у нас в этот момент не было и надо было только понять, как указанная последовательность Форт-слов может работать именно так, как требуется. Только впоследствии мы узнали, что в журнале BYTE за 1980 г., целый выпуск которого был посвящен этому языку [3], было опубликовано много ярких и красивых примеров его использования.

В Форте оказалось замечательным то, что очень кратким способом можно вводить новые базовые конструкции языка программирования, максимально соответствующие специфике решаемой задачи. По сути был предложен механизм метаязыка, позволяющий задавать новые абстрактные типы данных вместе с их реализацией на любом уровне абстракции, вплоть до машинного кода данного процессора, что позволяло добиваться максимальной производительности рабочего кода. Например, столь важные понятия переменной и константы могут быть весьма элегантно определены как:

```
: VARIABLE CREATE 0 , DOES> ; : CONSTANT CREATE , DOES> @ ;
```



Эмблема Форт-группы по интересам



Специальный выпуск журнала BYTE (август 1980) о языке Форт

После того, как мы поняли, что даже базовые структуры управления – ветвления и циклы – точно так же легко и просто выражаются через средства ядра Форта, мы стали создавать и пробовать весьма экзотические в то время структуры управления: переключатели, механизм возвратов, возбуждение и подхват исключений и другие, основанные на идее векторного поля кода и манипуляциях с адресом возврата.

Сразу стали делать реализацию Форта на ЕС ЭВМ – единственной доступной тогда машине. Реализация была сделана на ассемблере и работала замечательно быстро. Через нее уже раскруткой была получена реализация Форта на самом Форте, исходный текст которой вошел потом в виде приложения в первую крупную монографию о нем на русском языке [4]. Параллельно с этим была сделана реализация Форта на дисплейном комплексе ЕС-7970 [5], на котором затем был написан ряд приложений для него.

Начались работы по реализации сложных проектов на языке Форт. Один из них вошел в кандидатскую диссертацию В.А. Кириллина «Инструментальная система разработки языковых средств микропроцессорной техники», защищенную в 1985 г. Там, в частности, были реализованы переносимые трансляторы с языков Паскаль и Бейсик, работавшие на дисплейном комплексе ЕС-7970, для которого Форт-система уже была сделана. Дальнейшей популяризации Форта активно содействовал И.В. Романовский [6].

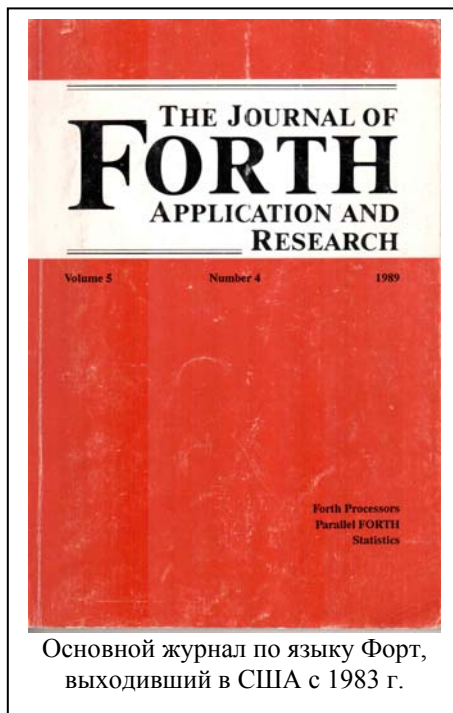
Из соответствующих технических журналов были известны только названия: Byte, Datamation, Dr.Dobb's Journal, Forth Dimensions. Еще мы узнали о ежегодных конференциях по языку Форт в университете г. Рочестера, штат Нью-Йорк, которые проводил Institute for Applied Forth Research, Inc., но получить эти журналы или попасть на эту конференцию было совершенно нереально. Оказалось, что с 1983 г. этот институт издает журнал Journal of Forth Applications and Research, что в рамках Ассоциации по вычислительной технике (ACM – Association for Computing Machinery) существует SIGForth (Special Interest Group) по языку Форт со своими SIGForth Bulletin и Newsletters, а в Европе проводятся ежегодные конференции по Форту. А.Л. Сахаров, работавший тогда в Библиотеке АН СССР, в течение нескольких лет включал журнал Journal of Forth Applications and Research в постоянную подписку БАН.

Обнаружилось, что в Институте кибернетики Академии наук Эстонской ССР есть группа, занимающаяся разработкой Форт-процессора [7] по специальному заказу, и один из ведущих разработчиков – А.Г. Астановский учился в Ленинграде, так что нашлись общие связи и интересы. Усилиями этой группы несколько публикаций по нашим разработкам вошли в тематический сборник «Программирование микропроцессорной техники», регулярно издававшийся этим институтом; в 1982 г. прошла конференция по Форту, организованная М. Томбаком на базе Тартуского университета.

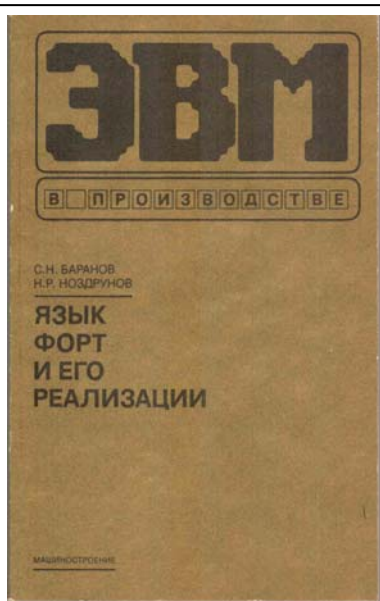
Примерно в 1980 г. в рамках Комиссии ГКНТ по технологии программирования, руководимой И.В. Вельбицким из Института кибернетики АН УССР, была создана Рабочая группа по микропроцессорной технике (руководитель Р.К. Рауд из Института кибернетики АН ЭССР). В этой группе выделилось отдельное направление по языку Форт, которое активно поддерживали и развивали В.П. Котляров, С.Н. Баранов, Г.М. Погосянц и А.Б. Либеров.

Выход уже упомянутой монографии [4], написанной на базе накопленного опыта и разработанных Форт-систем, стал заметной вехой на пути развития Форта в СССР. Первый тираж составил 50 тыс. экземпляров, но затем издательство получило столько запросов с мест, что пришлось допечатать еще 50 тысяч – редкий случай в практике! К этому времени уже был известен ряд отечественных Форт-систем на базе стандартов fig-Forth и Forth-83: Форт-СМ (С.Б. Кацев, И.А. Шендрик), Форт-Тарту (Р.В. Вайнасте, А.Е. Юурик), Форт-K580 (В.А. Кириллин, А.А. Клубович, Н.Р. Ноздрунов), Форт-ЕС (С.Н. Баранов), Форт-Искра-226 (Г.В. Лезин), Форт-M6000 (В.Н. Патрышев), Форт-БЭСМ-6 (И.А. Агамирзян), Форт-Эльбрус (А.Е. Соловьев), что ясно говорит о большом интересе к этому языку. В монографии последовательно излагались принципы Форта и приводился исходный текст форт-системы с ядром для системы команд ЕС ЭВМ. Впоследствии, с появлением персональных ЭВМ были сделаны и получили распространение отечественные форт-системы для IBM PC под управлением MS-DOS – Астро-Форт (И.Р. Агамирзян) и Бета-Форт (С.Н. Баранов).

На волне перестройки в апреле 1988 г. усилиями Б.А. Кацева и Н.Р. Ноздрунова в Ленинграде был создан кооператив «Форт-Инфо» –



Основной журнал по языку Форт, выходивший в США с 1983 г.



Первая отечественная монография по языку Форт

один из первых тогда в городе кооперативов в области программирования и вычислительной техники. Его ядро составили тогдашние сотрудники лаборатории системного программирования математико-механического факультета Ленинградского университета. Их непосредственной задачей стала разработка и развитие новых программных технологий на базе языка Форт. Заметным результатом первых трех лет работы кооператива стало создание самого быстрого в СССР микропроцессора, 16-разрядного Форт-процессора Дофин-1610 для систем управления и систем реального времени. Процессор превосходил известный в то время аналог i8086 по быстродействию в 50 раз и выпускался опытными партиями в НПО «Интеграл», г. Минск. Впоследствии кооператив был преобразован в инновационно-техническую фирму «Технофорт».



Участники Рочестерской конференции 1989 г.



Форт в СССР, как в рамках собраний Рабочей группы по микропроцессорной технике, так и в качестве самостоятельных мероприятий. Состоялись ответные визиты директора Forth Institute г-на Л. Форсли и проф. Н. Солнцева из университета Мак-Мастер (Канада) в Ленинград, Москву и Новосибирск. В 1991 г. вышел первый номер журнала «ФОРТ в исследованиях и разработках», к сожалению, не получивший продолжения. В 1996 и 1999 гг. очередные 12-я [8] и 15-я [9] европейские конференции по Форту EuroFORTH прошли в Санкт-Петербурге в гостинице «Русь» при содействии СПИИРАН. Ведущую роль их в организации и проведении взяли на себя его сотрудники С.Н. Баранов, И.П. Поднозова, Е.М. Игнашкина, М.Ю. Колодин и М.Л. Гасаненко, защитивший в 1996 г. кандидатскую диссертацию «Механизмы исполнения кода в открытых расширяемых системах на основе шитого кода» и продолжавший работать в этом направлении [10].

В 1991 г. в Ленинграде было создано местное отделение Ассоциации вычислительной техники по языку Форт, проработавшее несколько лет, в течение которых в отделение поступали полные комплекты всех периодических научно-технических изданий этой ассоциации (свыше 30 наименований). Эти журналы затем сдавались в Библиотеку Академии наук, что было важным подспорьем для поддержания полноты фондов БАН при практически прекратившемся бюджетном финансировании на приобретение научно-технической литературы.



Сертификат об учреждении отделения ACM по языку Форт в Ленинграде

Волею случая, упомянутая выше монография [4] была сразу же замечена активистами Форты в США, и один из ее авторов С.Н. Баранов получил приглашение приехать в США на очередную рочестерскую конференцию по языку Форт летом 1989 года. Было много чисто технических трудностей по организации этой поездки, которая оформлялась через Президиум АН СССР за счет принимающей стороны, но, тем не менее, это произошло. В течение нескольких последующих лет благодаря налаженным и постоянно укрепляемым контактам советские «фортисты» смогли участвовать в ежегодных конференциях в США и Европе с докладами и демонстрациями своих достижений, обмениваясь опытом и новыми идеями в этой области с мировой «Форт-элитой». В 1992 г. при поддержке кооператива «Форт-Инфо» даже удалось привезти в Рочестер группу студентов ЛГУ, которые потом были трудоустроены на летнюю практику в несколько американских фирм, представители которых участвовали в конференциях – совершенно новый опыт в этот переходный период нашей истории! Некоторые компании-разработчики Форт-продуктов в США и Европе – MMS, MPE, Delta-T, Silicon Composers и другие – проявили явный интерес к «русскому опыту» и установили партнерство с нашими организациями и специалистами.

Тогда же, при поддержке кооператива «Форт-Инфо», был организован ряд конференций по языку Форт в СССР, как в рамках собраний Рабочей группы по микропроцессорной технике, так и в качестве самостоятельных мероприятий. Состоялись ответные визиты директора Forth Institute г-на Л. Форсли и проф. Н. Солнцева из университета Мак-Мастер (Канада) в Ленинград, Москву и Новосибирск. В 1991 г. вышел первый номер журнала «ФОРТ в исследованиях и разработках», к сожалению, не получивший продолжения. В 1996 и 1999 гг. очередные 12-я [8] и 15-я [9] европейские конференции по Форту EuroFORTH прошли в Санкт-Петербурге в гостинице «Русь» при содействии СПИИРАН. Ведущую роль их в организации и проведении взяли на себя его сотрудники С.Н. Баранов, И.П. Поднозова, Е.М. Игнашкина, М.Ю. Колодин и М.Л. Гасаненко, защитивший в 1996 г. кандидатскую диссертацию «Механизмы исполнения кода в открытых расширяемых системах на основе шитого кода» и продолжавший работать в этом направлении [10].

В это же время стали появляться переводные книги о языке Форт и его практических применениях ([11], [12], [13]), стимулировавшие дальнейшие разработки в этой области. Например, познакомившись с аппаратной реализацией клеточных автоматов, над которой Т. Тоффли и Н. Марголус работали в MIT [12], С.Н. Баранов сделал ее программную реализацию непосредственно на своей системе Бета-Форт. За счет тщательного программирования основного ядра получившаяся реализация Beta-CAM [14] вполне успешно работала на самой первой IBM PC с процессором i8080, что поразило упомянутых специалистов, когда они увидели

ее демонстрацию, и они пригласили автора посетить МИТ сразу после Рочестерской конференции 1991 г. Аналогично, А.Л. Кутузов разработал на базе подхода К. Таунсенда [13] экспертную систему для IBM PC, которая затем использовалась в учебном процессе в СПбГПУ.

В 1993 г. тиражом 50 тыс. экземпляров вышла монография Ю.А. Семенова о языке Форт [15], в которой обобщался опыт работ в этой области в ИТЭФ (в настоящее время – Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научный центр Российской Федерации – Институт теоретической и экспериментальной физики»). Ее особо ценным для разработчиков качеством были приложения, содержащие, в частности, исходный текст Форт-интерпретатора для процессора Intel 80286 на макроассемблере MASM, реализующий стандарт fig-Forth, и ряда других программ.

Распад СССР и переход на рыночные отношения внесли серьезные коррективы в отношении к Форту. Энтузиастов и знатоков Форта поубавилось, поскольку основная масса программистов стала работать в компаниях, где основными языками были Си/Си++ и Джава. Интересно отметить, что Джава использует ту же, что и Форт, двухуровневую структуру кода: исходный текст переводится в промежуточное представление (байт-код), которое затем интерпретируется виртуальной машиной. Особенность Форта, позволившая ему быстро занять свою нишу в производстве ПО для микропроцессорной техники – прямой доступ ко всем ресурсам процессора – в дальнейшем оказалась одновременно и его уязвимостью в отношении безопасности создаваемого ПО. Идеология Форта – все можно – открывает доступ к самомодификации кода и проникновению программных вирусов, а также снижает возможности непосредственного переноса кода на другие платформы. Язык Джава отчасти решает эту проблему тем, что не разрешает непосредственно исполнять команды процессора, защищая тем самым свое «ассемблерное ядро» от непосредственного доступа со стороны исполняемого кода достаточно сложным механизмом сертификации своих приложений. В Форте же нужна особая самодисциплина при программировании.

Тем не менее, работы по Форту в стране и в мире продолжали развиваться. Важным аргументом в пользу его принятия промышленностью стало опубликование в 1994 г. ANSI-стандарта языка Форт [16], заменившего собой предыдущий неофициальный стандарт Форт-83. Новый стандарт явился результатом длительной работы Технического комитета X3J14, который снял прежние ограничения на 16-разрядность адресного пространства и ввел необходимую систематизацию в структуру языка. С начала 2000-х годов ведется обновление этого стандарта, осуществляемое группой энтузиастов и компаний, продолжающих использовать этот язык. Их форумом служат ежегодные европейские конференции EuroForth, проводимые с 1985 г. Очередная 27-я конференция состоится 23–25 сентября 2011 г. в Вене на базе Венского технического университета [17].

Интересно, что один из проектов по реализации ANSI-стандарта языка Форт выполнялся уже в 1994–1995 гг. по заказу компании Моторола в ЗАО «ИДУ», созданном на базе СПИИРАН и возглавлявшемся тогда С.Н. Барановым. В этом проекте участвовали, в частности, В.А. Кириллин, А.А. Клубович и Д.С. Преображенский, ставшие впоследствии авторитетными специалистами по языку Джава и его реализациям, а куратором проекта со стороны Моторолы был А.Л. Сахаров, уехавший ранее в США и получивший там работу.

В конце 80-х годов С.Н. Барановым была разработана технология переноса больших программ на другие платформы на базе языка Форт, включавшая автоматизированное построение транслятора с входного языка по записи его грамматики регулярными выражениями, которые рассматривались как текст на языке Форт [18]. В частности, так была успешно перенесена на персональную ЭВМ IBM PC известная система символьных вычислений SAC-2, написанная на специальном языке ALDES. За счет дополнительного контроля типов, включенного в систему переноса, были даже выявлены две ошибки в первоначальных алгоритмах библиотеки SAC-2, остававшиеся незамеченными в течение многих лет ее использования на больших ЭВМ. По результатам этой и смежных работ С.Н. Баранов защитил в 1990 г. докторскую диссертацию «Перенос и реализация больших пакетов компьютерной алгебры на базе Форт-технологии».

Важным достижением следует также считать применение Форт-технологии в школьной информатике. В начале 90-х годов по заданию Санкт-Петербургского филиала Института новых технологий была выполнена реализация полного языка Лого для отечественной школьной ЭВМ «Электроника УКНЦ» [19], некоторое время использовавшаяся в ряде школ Санкт-Петербурга и Москвы до массового перехода на персональные ЭВМ на базе IBM PC. Благодаря особенностям Форта, вся машинная графика работала замечательно быстро, несмотря на ограниченные возможности процессора и малый объем памяти. Для минимизации требований к оперативной памяти был разработан специальный механизм отчуждения готового программного продукта от инструментальной Форт-системы [20], в которой он разрабатывался. Исходя из главного слова приложения (аналога функции `main` в Си), из ядра Форта выбирались только те слова, на которые обнаруживались ссылки в процессе автоматического построения их транзитивного замыкания. Более того, если не предполагался динамический поиск слов по имени в процессе работы приложения, то из выбранных словарных статей удалялся заголовок, так что в отчужденном продукте оставались «усеченные» словарные статьи, состоящие только из поля кода и поля параметров. В результате объем приложения получался замечательно малым – примерно 8К для полной реализации языка Лого.

Интересные разработки в том же направлении интерпретативных языков программирования вел в Академгородке Новосибирска А.А. Берс, предложивший понятие «рабочая смесь» [21], ставшего концептуальной основой при разработке ПО рабочей станции «Мрамор». Представленная им в 1993 г. к защите кандидатская диссертация по результатам этих исследований была единодушно оценена оппонентами и членами совета как докторская, защита которой состоялась в 1994 г. в Москве. По совету и при поддержке Андрея Александровича был сделан подробный анализ феномена Форта, опубликованный в издаваемом Институтом систем информатики СО РАН сборнике [22].

Подводя итог, можно сказать, что вот уже более 30 лет Форт продолжает активно существовать и привлекать талантливых программистов своими возможностями «делать все» очень качественно, малыми силами и достаточно быстро. Несмотря на сократившуюся долю в приложениях для встроенных применений, он по-прежнему находит своих сторонников и приверженцев, позволяющих им успешно вести свои разработки в современных рыночных условиях.

Список литературы

- [1] Moore C.H. FORTH: A New Way to Program a Mini-Computer. – Astronomy and Astrophysics Supplement, 1974, vol.5. – P.497–511
- [2] Forth Interest Group – <http://www.forth.org/index.html>
- [3] BYTE, Vol.5, No 8, August, 1980
- [4] Баранов С.Н., Ноздрунов Н.Р. Язык Форт и его реализации. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1988. – 156 с.
- [5] Баранов С.Н., Кириллин В.А., Ноздрунов Н.Р. Реализация языка Форт на дисплейном комплексе ЕС-7970. – В кн.: Программирование микропроцессорной техники. Таллин: Институт кибернетики АН ЭССР, 1984. – С. 41-49
- [6] Бураго А.Ю., Кириллин В.А., Романовский И.В. ФОРТ – язык для микропроцессоров. Л.: Знание, 1989. – 36 с.
- [7] Астановский А.Г., Ломунов В.Н. Процессор, ориентированный на язык Форт. – В кн.: Программирование микропроцессорной техники. Таллин: Институт кибернетики АН ЭССР, 1984. – С. 50-67
- [8] EuroForth 1996. – <http://www.forth.org/bournemouth/euro/index.html>
- [9] EuroForth 1999. – <http://www.forth.org.ru/~mlg/ef99/EF99repo.html>
- [10] Гасаненко М.Л. Одностековая реализация бэктрекинга для языка Форт. – Труды СПИИРАН. 2002. Вып. 1. Т. 1. СПб.: Наука, 2002. – С. 211–223
- [11] Броуди Л. Начальный курс программирования на языке Форт. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 352 с.
- [12] Тоффоли Т., Марголус Н. Машины клеточных автоматов. – М.: Мир, 1991. – 280 с.
- [13] Таунсенд К., Фохт Д. Проектирование и программная реализация экспертных систем на персональных ЭВМ. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 314 с.
- [14] Баранов С.Н. Клеточные автоматы на персональной ЭВМ.– Природа, 1992, №9.–С.17-23
- [15] Семенов Ю.А. Программирование на языке Форт. – М.: Радио и связь, 1991. – 241 с.
- [16] American National Standard for Information Systems. Programming Languages. Forth. – <http://www.openfirmware.info/data/docs/dpans94.pdf> – 210 p.
- [17] EuroForth 2011. – <http://www.complang.tuwien.ac.at/anton/euroforth/ef11/>
- [18] Баранов С.Н. Реализация системы символьных вычислений МИНИСАК на языке Форт. – В кн.: Математические методы построения и анализа алгоритмов. Л.: Наука, 1990. – С.3-15
- [19] Баранов С.Н., Преображенский Д.С. Лого на Форте. – Пролог, 3(5), 1993. – С.6–10
- [20] Баранов С.Н. Отчуждение программного продукта в системе Бета-Форт. – В кн.: Проблемы технологии программирования. СПб: СПИИРАН, 1992. – С.139–147
- [21] Берс А.А. Об объектной ориентации и организации архитектуры программных систем. – В кн.: Актуальные вопросы технологии программирования. Л.: ЛИИАН, 1989.–С.4–15
- [22] Баранов С.Н., Колодин М.Ю. Феномен Форты. – В кн.: Системная информатика, вып.4, Новосибирск: ИСИ СО РАН, 1995. – С.193–271.

Развитие дистанционных тестовых технологий в среде национального Интернет пространства

Бекназарова С.С.
Ташкентский Университет Информационных технологий
saida.beknazarova@gmail.com

Development of Distance Test-Technologies in the National Internet

Beknazarova S.
Tashkent University of Information Technology

Аннотация. Мақолада ҳозирда энг долзарб масала, яна масофавий таълимни тадбиқ этиш муаммолари очиб берилган, ҳамда талабаларни билимларини текшириш мақсадида янги тест-портални тузилиши берилиган. Ушбу портал миллий интернет тармоғида, масофавий таълимни ривожлантириш мақсадида, янги дастурий таъминот сифатида яратилган.

В данной статье раскрыта проблема дистанционного обучения, а также предоставлена структура создания тестового портала проверки знаний студентов, в целях развития дистанционного обучения в национальном Интернет-пространстве.

Abstract. In article are shown the problem of under remote education and also shown the structure of creatable the new test portal of testing the knowledge of students. The main aim of this scientific work is creating the new program product for development of national Internet source.

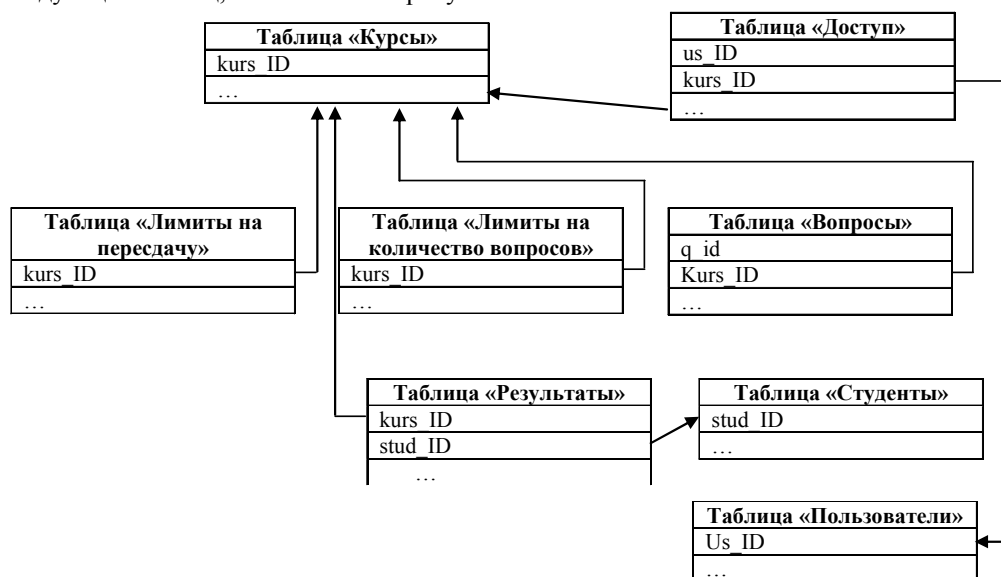
В системе образования процесс информатизации не должен рассматриваться только в качестве приоритетной альтернативы, но и в качестве неотъемлемой части процессов развития непрерывной системы образования, и в проект, над которой ведется работа, информатизация образования, в первую очередь, рассматривается как внедрение дистанционного обучения в систему образования.

Историко-педагогический анализ проблем становления и развития дистанционного образования (ДО) показал, что в настоящее время в мире накоплен опыт реализации систем дистанционного обучения (СДО). В целом мировая тенденция перехода к нетрадиционным формам образования прослеживается в росте числа Вузов, ведущих подготовку по новым информационным технологиям. [1]

Анализ показал, что в настоящее время в сети Интернет очень и очень мало комплексных обучающих порталов, в частности и тестовых. Конечно, в сети можно найти множество разрозненных электронных учебников по разным дисциплинам, но это нельзя отнести к законченному качественному интеллектуальному продукту, к тому же нет комплексности и единой системы. После проведения обзора и анализа существующих тестовых порталов дистанционного обучения, в частности порталов контроля знаний, было выяснено, что в нашей республике практически нет единой системы дистанционного образования, а имеются лишь отдельные сайты предоставляющие разрозненную информацию по тем или иным курсам.

Вашему вниманию предоставляется проект создания тестового портала, который имеет следующую структуру: **база данных портала, программное ядро.**

По сути база данных (БД) портала является хранилищем всей информации портала, доступ к которой осуществляется через программное ядро. БД портала является реляционной базой данных – наиболее подходящей и способной удовлетворить все задачи при написании подобного рода программных продуктов. В соответствии с правилами реляционных БД база данных делится на таблицы, в частности и данный портал. Тестовый портал состоит из следующих таблиц, показанных на рисунке.



Из рисунка явно видно связь всех таблиц между собой. Процесс функционирования тестового портала и практическое применение данной БД в нём рассказывается в разделе «Программное ядро».

Программное ядро тестового портала в свою очередь делится на 3 блока: **администраторский, операторский, студенческий**. **Администраторский блок** (Рис.1). Наиболее объёмная и важная часть портала с точки зрения управления информацией. К этой части имеет доступ только тот, кто знает пароль администратора.

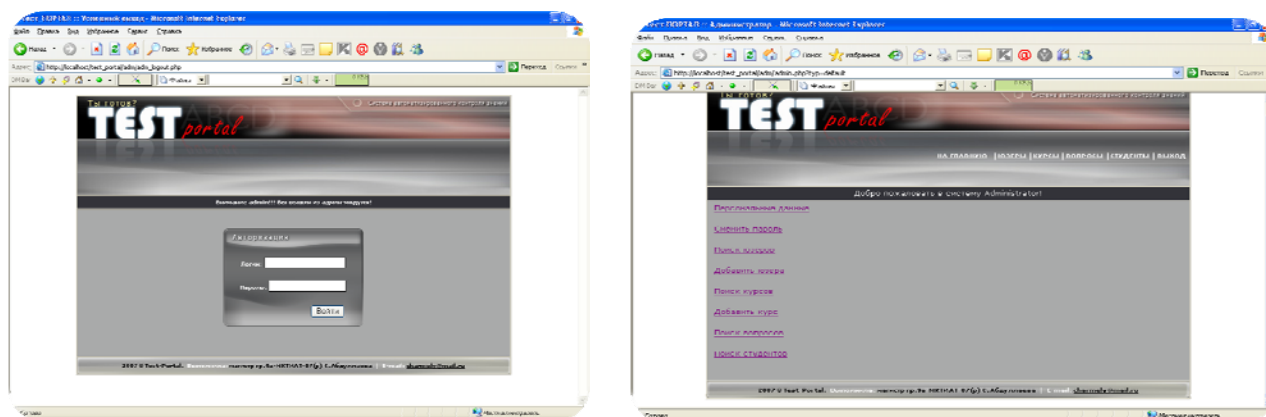


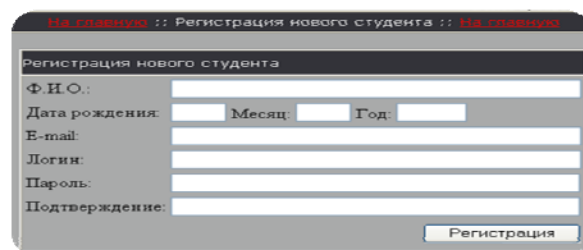
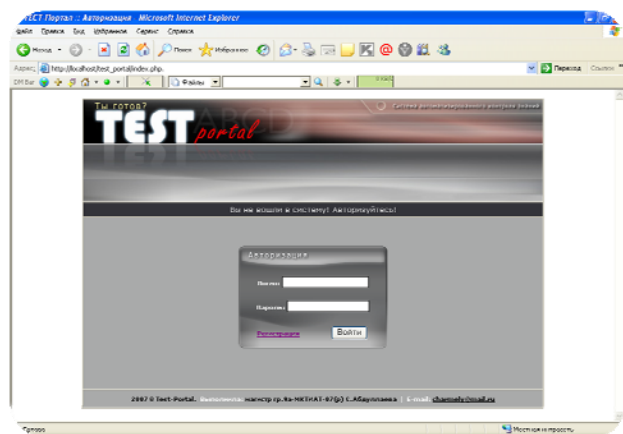
Рис.1. Администраторский блок

Операторский блок. Часть портала, которая отвечает за ведение БД портала. Именно операторы – есть основной персонал, который должен работать с системами подобного рода, один администратор вводить курсы, вопросы, исправлять ошибки и т.д., не может. Для этого и создан операторский блок. Сюда имеет доступ только тот персонал, которому администратор открыл учётную запись оператора и дал доступ к тем или иным участкам портала (Рис.2).



Рис.2. Операторский блок

Студенческий блок. Данный блок является тем ядром, в котором происходит весь процесс взаимодействия студентов с порталом, здесь же происходит регистрация новых студентов (Рис.3).



Сдача тестов по выбранному курсу

На данный момент по курсу: Язык Турбо-Паскаль Вами не пройдено ни одного контроля!

Контроли	Балл	Пересдачи	Лимит пересдач	Дата последней сдачи
1-й текущий			не огранич.	
2-й текущий			не огранич.	
3-й текущий			не огранич.	
4-й текущий			не огранич.	
1-й промежуточный			не огранич.	
2-й промежуточный			не огранич.	
ИТОГОВЫЙ			не огранич.	
Общий балл:				

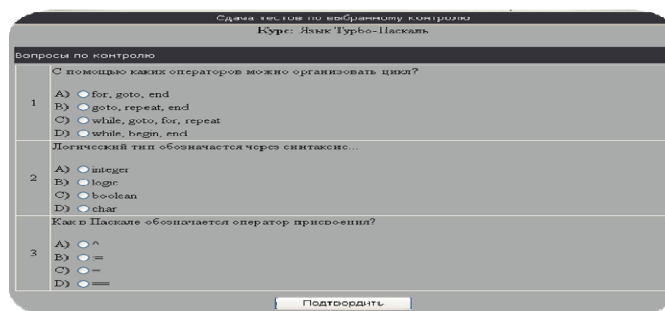


Рис.3. Студенческий блок

Созданный портал легко переносится на любую платформу, причём данное обстоятельство ни в коем случае не сказывается на повышении стоимости программного обеспечения данного портала. Наоборот, все использованные при создании портала программные средства являются бесплатными, что немаловажно в нынешних условиях переходного периода нашей страны.

Эффективность данного портала будет зависеть только от профессионально составленных тестовых заданий, что же касается программной части, то она способна реализовать самые изощрённые варианты предоставления и оценивания ответов тестируемых.

Исходя из всех вышеперечисленных факторов, можно с большим процентом уверенности сказать, что решение, приведённое в предложённом проекте, по созданию тестового портала может оказаться вполне востребованным на территории нашего государства и сможет стать достойным составляющим национальной системы дистанционного образования.

Список литературы

1. Прокофьева Н.О. «Методы контроля знаний при компьютерном обучении», издательство «Образование и виртуальность», 2005

Открытая облачная платформа HP webOS для разработки мобильных приложений

Белоусов И.Р.
Хьюлетт-Паккард Россия,
igor.belousov@hp.com

Аннотация. В статье представлена открытая облачная платформа для разработки мобильных приложений HP webOS. Особенности платформы являются ориентированность на использование веб технологий при разработке приложений (JavaScript, CSS, HTML 5), многозадачность, наличие облачной среды для разработки приложений Ares, удобная высокоуровневая среда программирования Enyo, поддержка кросс-платформенного программирования для наиболее распространенных мобильных ОС, базирование на ядре Linux. Обсуждаются вопросы использования HP webOS для создания приложений под мобильные устройства HP TouchPad (планшетный компьютер) и смартфоны HP Veer, Pre 2, Pre 3. Разработан учебный курс по программированию мобильных приложений на базе HP webOS, который внедряется в учебный процесс в Центрах HP университетами-участниками программы «Институт Технологий HP».

Open Cloud Platform HP WebOS For Mobile Applications Development

Belousov I.
Hewlett-Packard, Russia

Abstract. Open cloud platform HP webOS for mobile applications development is presented in the article. The useful features of the HP webOS platform are orientation on web technologies (JavaScript, CSS, HTML 5), true multi-tasking, cloud platform for applications development Ares, high-level programming framework Enyo, cross-platform support for the most popular mobile OS, and the use of Linux kernel at low level. HP webOS programming for mobile devices HP TouchPad (tablet computer), smartphones HP Veer, Pre 2, Pre 3 is described in the article. We also present the course on HP webOS mobile applications development which will be introduced in HP Centers by University members of HP Institute of Technology Program.

1. Введение в HP webOS

HP webOS является во многом уникальной и революционной операционной системой. Она предназначена в первую очередь для мобильных устройств (смартфонов, планшетов), но применяется также и для других классов устройств, например, она уже встроена в некоторые модели принтеров HP. Особенности платформы являются ориентированность на использование веб технологий при разработке приложений (JavaScript, CSS, HTML 5), многозадачность, наличие облачной среды для разработки приложений Ares, удобная высокоуровневая среда программирования Enyo, поддержка кросс-платформенного программирования для наиболее распространенных мобильных ОС, базирование на ядре Linux [1, 2].

Основная особенность webOS – использование стандартных веб технологий для разработки приложений под эту платформу. Это делает платформу особенно привлекательной для разработчиков веб-приложений, так как они могут использовать весь накопленный опыт и основную часть кода на JavaScript, CSS, HTML при написании приложений для устройств на базе webOS. Соответственно, база разработчиков под webOS является гораздо более широкой, чем под любые другие мобильные ОС, а барьер трудности перехода на эту платформу гораздо ниже, чем на другие ОС.

Другая важная особенность webOS – ее ориентация на облачную структуру, заложенная в самую основу разработки. Такие события, как оповещения от удаленных источников, обновления данных и программ, удаленная синхронизация, заложены в основу webOS. Кроме того, разработка приложений под webOS также может осуществляться с использованием облачной платформы, которая называется Ares. Она доступна как веб сервис, позволяющий разрабатывать, отлаживать и тестировать приложения полностью в веб браузере, без необходимости установки дополнительного ПО. Даже хранение проектов и всех необходимых для них данных также осуществляется в облаке.

На рисунке 1 представлена архитектура HP webOS.

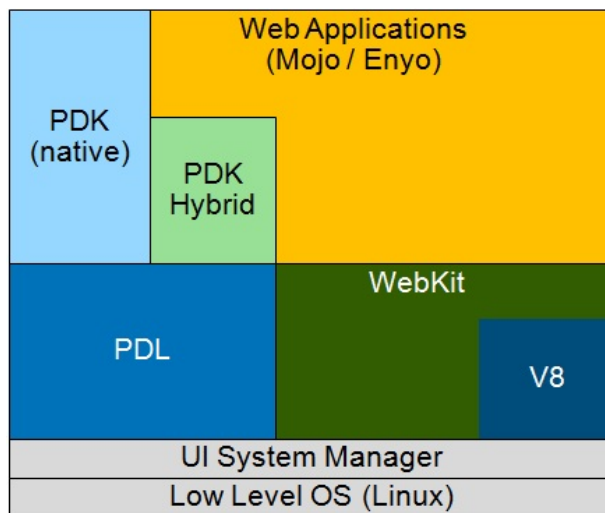


Рис. 1. Архитектура HP webOS

На нижнем уровне webOS основан на Linux Kernel 2.6. На этом ядре работает системный менеджер пользовательского интерфейса, содержащий такие функции, как навигация, запуск приложений и отработка их жизненного цикла, обработчики событий и уведомлений, локальный и веб поиск, рендеринг кода приложений на JavaScript/CSS/HTML.

HP webOS содержит встроенную реализацию открытого пакета WebKit со встроенным интерпретатором кода JavaScript v8, библиотеки разработки приложений PDL и инструменты PDK для создания plug-ins с кодом на C/C++ (Plug-in Development Kit). PDK дает, в том числе, возможность включать в программу трехмерную графику, написанную на OpenGL ES.

Для программирования на JavaScript используются высокоуровневые программные среды Mojo (версии 1.x и 2.x) и Enyo (версия 3.x). Все webOS устройства (на данный момент это Pre 2, Pre 3, Veer и TouchPad) поддерживают версию 3.x и Enyo.

SDK webOS можно бесплатно загрузить с сайта разработчиков HP webOS <https://developer.palm.com>, предварительно зарегистрировавшись на нем в качестве разработчика. Поддерживается разработка в средах Windows (x32 и x64), Mac OS X и Ubuntu Linux. Возможна разработка в текстовых редакторах (рекомендуем Notepad++) в режиме командной строки и встроенными отладчиками веб браузеров, например, Google Chrome. Также можно загрузить и установить webOS plug-in для интегрированной среды разработки Eclipse IDE. Но наиболее интересной, простой и эффективной возможностью является использование облачной интегрированной платформы для разработки webOS приложений, которая представлена в следующем разделе.

2. Облачная платформа разработки Ares

Проект Ares – первая среда для разработки мобильных приложений, полностью реализованная в веб браузере. Как и сам webOS, Ares является демонстрацией видения HP того, что будущее мобильных устройств и приложений будет тесно связано с веб.

На рисунке 2 представлен интерфейс Ares.

В левой части находится полный комплект интерфейсных элементов, виджетов, которые перетаскиванием с помощью мыши могут помещаться на расположенную в центре экрана модель рабочего пространства мобильного устройства. Справа находятся инструменты для управления расположением, свойствами, стилями и настройками интерфейсных элементов.

В любой момент возможно переключение в режим кодирования, отладки приложений. Также возможен запуск приложения для тестирования в браузере, заранее запущенном эмуляторе (Oracle VM VirtualBox) или непосредственно в самом мобильном устройстве, которое должно быть присоединено к компьютеру с помощью стандартного USB кабеля.

Ares автоматически создает необходимую структуру файлов и каталогов для каждого нового проекта, позволяет хранить эти структуры в облаке либо на локальном компьютере, создавать пакет .ipk приложения, который может быть загружен на webOS устройство либо помещен в магазин webOS приложений – HP webOS App Catalogue.

Ares поддерживается для работы в браузерах Chrome, FireFox и Safari.

Пример создания в Ares приложения с использованием GPS навигации с помощью нескольких простых действий и минимумом программирования (необходимо добавить всего три строки кода в созданный визуальным методом проект) представлен в <http://ares.palm.com/Ares/docstemp/tutorial10.html>



Рис. 2. Облачная платформа разработки webOS приложений Ares

3. Пример создания webOS приложения в Enyo

Рассмотрим пример разработки простейшего приложения в HP Enyo. Создадим приложение для HP TouchPad, которое будет содержать заголовок, две кнопки для изменения цвета фона и графическое изображение (файл в формате JPEG). На рисунке 3 представлены 2 состояния приложения. Тестирование проводилось в браузере Chrome.

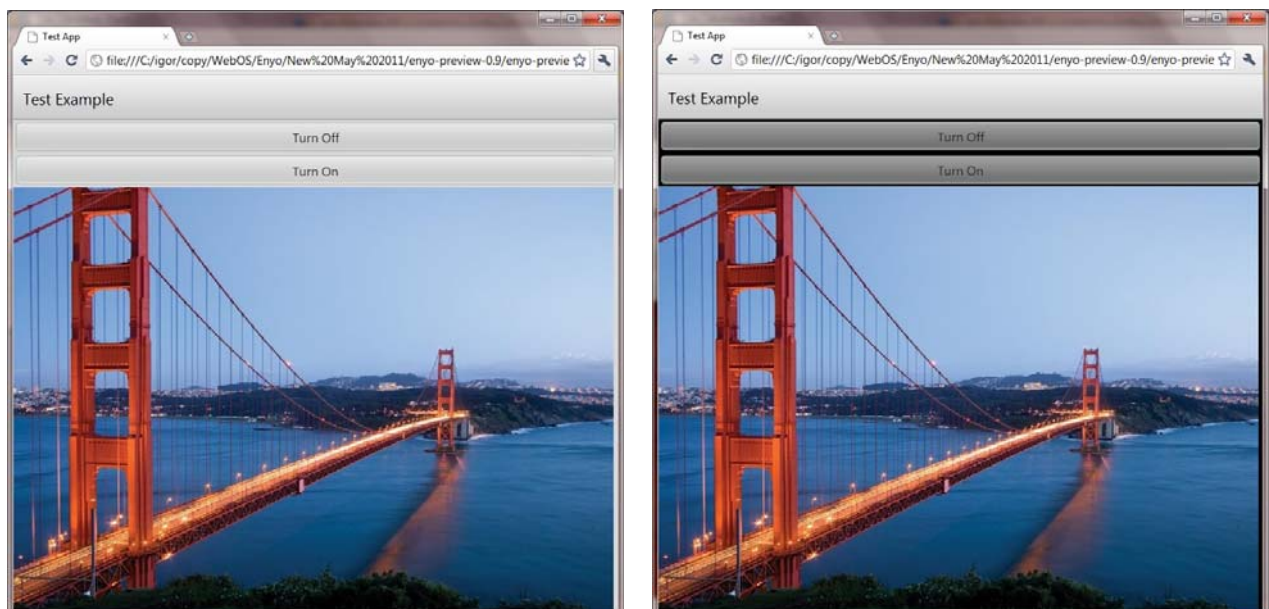


Рис. 3. Тестирование работы приложения в браузере Chrome

Пакет приложения состоит из четырех файлов – appinfo.json, index.html, depends.js и собственно файла с Enyo кодом приложения MyExample.js.

Общая информация о приложении, которая используется SDK при запуске и создании пакета приложения, находится в файле appinfo.json:

```
{
  "id": "com.palm.app.test",
  "version": "1.0.0",
  "vendor": "HP",
  "type": "web",
  "main": "index.html",
  "title": "Test App", "uiRevision": 2
}
```

Файл index.html содержит тег для привязки кода приложения:

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <title>Test App</title>
    <script src="../../0.9/framework/enyo.js" launch="debug" type="text/javascript"></script>
  </head>
  <body>
    <script type="text/javascript">
      new MyExample().renderInto(document.body)
    </script>
  </body>
</html>
```

Файл depends.js нужен для вызова основного файла пакета приложения:

```
enyo.depends (
  "MyExample.js"
);
```

Наконец, сам JavaScript код приложения содержится в файле MyExample.js:

```
enyo.kind ({
  name: "MyExample",
  kind: "VFlexBox",
  components: [
    {kind:"PageHeader", content:"Test Example"},
    {kind:"Button", caption:"Turn Off", onclick:"turnLightsOff"},
    {kind:"Button", caption:"Turn On", onclick:"turnLightsOn"},
    {kind:"Image", src:"image.jpg"},
  ],
  turnLightsOff: function() {
    this.applyStyle("background-color", "black");
  },
  turnLightsOn: function() {
    this.applyStyle("background-color", null);
  }
});
```

Как видно из этого примера, Енуо позволяет создать вполне функциональное мобильное приложение с помощью простого и компактного кода.

4. Разработка кросс-платформенных приложений на JavaScript, HTML и CSS

Обычно при разработке приложений под конкретную платформу используется соответствующий SDK, который дает полный доступ к специфическим функциям конкретных устройств, поддерживающих ту или иную ОС. Однако часто полный доступ к таким функциям не требуется. А более интересным представляется возможность использования стандартных инструментов веб разработки для создания переносимого на разные платформы высокоуровневого кода. Это похоже на процесс создания мобильного веб сайта с той разницей, что в итоге получается локальное приложение, которое работает и запускается быстрее, не требует подключения к Интернет для своей работы и имеет доступ локальным ресурсам мобильного устройства.

Для создания таких переносимых на различные мобильные платформы приложений используются стандартные средства разработки webOS приложений – Javascript, HTML, CSS – а также облачный сервис с открытым кодом PhoneGap (www.phonegap.com). PhoneGap позволяет создавать коды для таких платформ как HP webOS, iPhone/iPad, Android, Blackberry, Symbian и других. На портале разработчиков под HP webOS приводятся основные шаги по созданию таких приложений (https://developer.palm.com/content/resources/development/cross_platform_development.html).

В основной файл приложения index.html поместим следующий код, выполняющий базовое форматирование и вызов JavaScript кода приложения **Starfield.js**:

```
<!DOCTYPE HTML>
<html>
  <head>
    <meta name="viewport" content="width=320; user-scalable=no" />
    <meta http-equiv="Content-type" content="text/html; charset=utf-8">
    <title>PhoneGap</title>
    <link rel="stylesheet" href="/master.css" type="text/css"
      media="screen" title="no title" charset="utf-8">
    <script type="text/javascript" charset="utf-8" src="/phonegap.js"></script>
    <script src="/Starfield.js" type="text/javascript"></script>
    <!-- include our own style for this page -->
    <style type="text/css">
      body { background-color : #000000; color: white; }
      h2, h3 { text-align: center; margin: 3px;}
      h3 { font-size: 75% }
    </style>
  </head>
  <body id="stage" class="theme">
    <div id="myapp">
      <h2>Star Field</h2>
      <h3>tap to start</h3>
      <canvas id="svgCanvas" width="320" height="320"
        onclick="starfieldStart()"></canvas>
    </div>
  </body>
</html>
```

Теперь рассмотрим собственно код приложения **Starfield.js**, которое при нажатии на экран рисует случайным образом расположенные точки-“звезды”:

```
var ctx;var width = 320;
var height = 320;
var partx; var party;
var partdx;
var partdy;
var PARTS=100;
var count=0;
var ramp=1;
var intervalId;

function circle(x,y,r) {
  ctx.beginPath();
  ctx.arc(x, y, r, 0, Math.PI*2, true);
  ctx.closePath();
  ctx.fill(); };

function draw() {
  ctx.clearRect(0,0,width,height);
  ctx.fillStyle = "#000000";
  ctx.fillRect(0,0,width,height);
```

```

ctx.fillStyle = "#FFFFFF";
for(i=0;i<ramp;i++) {
    circle(partx[i],party[i],2);
    partx[i] += partdx[i];
    party[i] += partdy[i];
    if(partx[i] > width || partx[i]<0) {
        partx[i] = width/2;
        party[i] = height/2;
    }
}
count++;
if(count > 500) {
    ramp--;
    if(ramp < 1) ramp = 0;
} else {
    ramp++;
    if(ramp > PARTS) ramp = PARTS;
}
if(count > 600) {
    clearInterval(intervalId);
}
};

function starfieldStart() {
    count = 0;
    ramp = 1;
    ctx = document.getElementById("svgCanvas").getContext("2d");
    partx = new Array(PARTS);
    party = new Array(PARTS);
    partdx = new Array(PARTS);
    partdy = new Array(PARTS);
    for(i=0;i<PARTS;i++) {
        partx[i] = width/2;
        party[i] = height/2;
        partdx[i] = Math.random()*5-5/2;
        partdy[i] = Math.random()*5-5/2;
    }
    intervalId = setInterval(draw, 10);
};

```

Последнее действие – задание id, названия и разработчика приложения в файле appinfo.json – и приложение с поддержкой всех основных мобильных платформ готово.

```

{
    "id": "com.palmdts.phonegap.stars",
    "version": "0.0.1",
    "vendor": "Josh Marinacci",
    "type": "web",
    "main": "index.html",
    "title": "Stars",
    "icon": "icon.png"
}

```

Заключение

В статье рассмотрены основные особенности открытой платформы HP webOS для разработки мобильных приложений. Используются стандартные веб технологии JavaScript, HTML, CSS. Это позволяет создавать кросс-платформенные приложения для различных мобильных ОС.

В частности, автором был выполнен перенос ПО для дистанционного управления роботом-манипулятором через Интернет, созданного с использованием Java/Java3D [3-7], под платформу HP webOS. Использование клиента для управления роботом на базе устройств с сенсорным экраном (Pre 2 и TouchPad) позволило опера-

тору выполнять планирование движения робота простым и естественным образом [8].

Планируется разработка и внедрение курса по программированию под webOS для студентов университетов – участников программы «Институт Технологий HP» (<http://iit.hi-edu.ru>).

Список литературы

1. Allen, M., 2009, Palm webOS, O'Reilly, 2009, 432 p.
2. Zammetti, F., 2009. Practical Palm Pre webOS Projects, Apress, 2009, 400 p.
3. Belousov, I., Clapworthy, G., 2002. Remote programming and Java3D visualisation for Internet robotics, SPIE's International Technical Group Newsletter, Vol. 11, No. 1, February 2002.
4. Tan, J., Clapworthy, G., Belousov, I., 2004. The Integration of a Virtual Environment and 3D Modelling Tools in a Networked Robot System, International Journal of Image and Graphics, World Scientific Publishing Company, Sept. 2004, pp. 1-20.
5. Belousov, I., Sazonov, V., Chebukov, S., 2005. Web-based Teleoperation of the Robot Interacting with Fast Moving Objects, In *IEEE International Conference on Robotics and Automation ICRA'05, Barcelona (Spain), April 2005*.
6. Belousov, I., 2007. Sidebar – Java3D for Web-based Robot Control, Invited Article in “Advances in Telerobotics”, Volume 30, 2007, Springer-Verlag.
7. Yoshida, E., Esteves, C., Belousov, I., Laumond, J.-P., Sakaguchi, T., Yokoi, R., 2008. Planning 3D Collision-Free Dynamic Robotic Motion Through Iterative Reshaping, *IEEE Transaction on Robotics, Vol.24, N°5, October, 2008, pp.1186-1198*.
8. Belousov, I., 2011. Remote Human-Robot Cooperation Via Internet Using webOS-based Touch Interface, In *8th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, Noordwijkerhout (Netherlands), July 2011*.

Отдел программирования ВЦ СО АН СССР и языки

Берс А.А.

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск

Programming Department of Computing Center of SB Ac. Sci. USSR and Languages

Baehrs A.

A.P. Ershov Institute of Informatics Systems SB RAS

Начнём с ретроспективного взгляда на смену парадигм вычислительного дела с 1950-х годов по десятилетиям, выделяя в каждом из них главную парадигму (ведущий, или просто модный подход), определяющую содержание этого десятилетия.

50-е годы: Первое появление ЭВМ, **составление программ для вычислительных машин** и развитие компонентов вычислительных машин. Причем машины делались штучно, были огромные и вообще от линкоров отличались только тем, что не имели собственных имен. А так вообще-то были столь же медленны, неповоротливы и т. д.

60-е годы: От составления программ для ЭВМ переходят к выражению программ на языках высокого уровня, – как говорил Андрей Петрович Ершов, «наЯВУ». Это подарило нам возможность описывать гораздо более сложные задачи и сделало программирование более человеческим. Появились почти все возможные структуры, которые мы сейчас относим к основам информатики.

70-е годы: Следующие десять лет были посвящены, главным образом, обеспечению эффективности применения ЭВМ. Обнаружилось, что участие человека в работе вычислительной машины вредно, – он слишком медлителен. Поэтому были предложены различные архитектурные и программные средства, на базе которых затем образовались операционные системы. Например, была создана технология мульти-программного заполнения машины задачами.

80-е годы: Самым главным явилось **освоение объектов**. Объекты и ранее «валялись под ногами», потому что элемент памяти, который осуществляет хранение, – это как раз и есть элементарный объект. До этого только сложные структуры действий сворачивались в процедуры. А в объекты можно сворачивать и данные, и действия (подпрограммы) в компактные формы, упрятывая внутрь множество деталей. В этом и состоял главный пафос.

90-е годы: **Персональные компьютеры** на микропроцессорах, Встроенное программное обеспечение, проблемы взаимодействия компьютеров и асинхронная обработка. Появление Интернета.

00-е годы: **Разветвленные социальные сети** и глобальное развитие Интернета. Эффективная реализация средств мобильной связи, глобальные средства навигации и развитие средств массовой информации. И, в основном, большой рост и разнообразие приложений.

10-е годы: **Сращивание мобильной связи и компьютеров**. Развитие распределённых (облачных) вычислений и создание огромных микропроцессорных кластеров. Попытки параллельно решать сложные задачи, чего до сих пор хорошо делать не умеют.

Прогноз 2000 года о том, чем мы будем заниматься в этом тысячелетии, пока оправдывается. Развивается спецификация взаимодействия субъектов между собой в качестве нового способа описания проблем. В смешанном исполнении, когда трансляция и интерпретация переслаиваются так, как нам это надо, это хорошо подтверждается ЛТ-ерами. Есть достижения и в эффективности параллелизма. Все большую роль начинают играть виртуальные машины, которые я призываю называть **Вирт**-машинами, Никлаус Вирт этого заслуживает. А вот из диктовки машины пока ничего не получается, хотя читать с листа они, как известно, уже научились.

Мне представляется, что самыми главными этапами развития информатики являются: появление языкового программирования, освоение объектов и осуществление взаимодействия компьютеров между собой.

Переход от составления программ для ЭВМ к выражению программ на языках высокого уровня – **наЯВУ** (1961 г.) практически совпал со временем, когда я приехал в Сибирское отделение, в Академгородок, и начал работать в Отделе программирования.

Проект Альфа. Ведущей работой, с которой началась Сибирская школа программирования А.П. Ершова, был проект Альфа. В отличие от предыдущих программирующих программ проект Альфа был хорошо, практически по-современному специфицирован: было подготовлено формальное описание входного языка и создана развёрнутая функциональная спецификация системы.

Отправной точкой проекта была публикация начальной версии нового языка программирования, суммировавшего накопившийся программистский опыт. Группа, руководимая А.П. Ершовым, стала готовить на основе Алгола-58 новый проект языка. Во многом направления развития языка оказались совпадающими, но в Сибирском языке появился ряд существенных механизмов, определено столь важное для вычислительных алгоритмов понятие многомерных значений, операции над ними, в том числе их конструирование. Были введены свойственные современным языкам концепции, такие как разнообразие видов циклов, задание начальных значений и т.п. В формальном определении языка впервые была сделана попытка выйти за пределы контекстно-свободных

грамматик. Важную роль сыграло решение сблизить язык с новой версией международного языка, поэтому в итоге язык был сформулирован как правильное расширение языка Алгол 60, хотя в Альфа-языке впервые были разработаны средства, характерные для следующих за Алголом 60 языков.

Сама работа над транслятором была исследовательской, носила пионерский характер, именно в ней начали складываться принципы современной оптимизирующей трансляции. Сам Алгол 60 был определенным вызовом для существовавших методов трансляции. Его рекурсивная структура, мощность механизма процедур, возможная их вложенность и потенциальная рекурсивность, общность циклов и индексных выражений – все это требовало заметной модификации и развития техники трансляции, а самое главное – ставило вопрос о возможности получения эффективного кода. По последнему поводу высказывались сомнения, и Альфа-транслятор стал действительно первым конструктивным доказательством того, что для языков, сопоставимых по мощности с Алголом, можно построить транслятор, дающий код, сравнимый с ручным программированием.

Достижению поставленной цели послужил богатый набор оптимизаций, реализованный в Альфа-трансляторе. Была предложена смешанная стратегия программирования таких конструкций, как процедуры, циклы, индексные выражения. На основании анализа контекста выбирался способ генерации конструкций, наиболее эффективный из допустимого набора. В результате процедуры при всей мощности этого механизма программировались оптимальным образом (что стимулировало программистов активно их использовать). Существовавшая ранее оптимизация экономии выражений была существенно развита – полностью учитывались свойства коммутативности и ассоциативности; она уже стала квазилокальной. Впервые была реализована глобальная чистка циклов. Тщательной оптимизации подвергались операции над многомерными значениями – то, чего не было в стандартном Алголе, но активно использовалось вычислителями. Впервые была реализована глобальная экономия памяти, опирающаяся на теоретические работы А.П. Ершова и С.С. Лаврова.

Альфа-транслятор стал первым в мире транслятором с Алгола с большими оптимизирующими возможностями. Успеху способствовало не только механическое соединение многих оптимизаций, но и существенное развитие известной методологии оптимизации программ. Была выдвинута идея внутреннего языка, на уровне которого и применялись оптимизации. Эти идеи были реализованы, хотя и не совсем в чистом виде. Был также практически реализован глобальный анализ контекста – зародыш современного потокового анализа, учет которого существенно увеличил мощность оптимизаций. Стремление практически всегда получать эффективный код привело к отказу от некоторых средств Алгола, одним из которых была рекурсивность процедур.

Альфа-транслятор активно использовался во многих организациях страны. Хотя его пользовательские интерфейсы и эксплуатационные качества оставляли желать много лучшего, высокая эффективность получаемого кода определила большой интерес пользователей к этой системе. Поэтому, когда появилась машина БЭСМ-6, организации, связанные с большими задачами, стимулировали создание версии Альфа-транслятора для БЭСМ-6. У разработчиков Альфа-транслятора возникла и внутренняя потребность модифицировать и улучшить как схему трансляции, так и пользовательские свойства транслятора, в первую очередь, его интерфейс с пользователем.

Альфа-транслятор, несмотря на его достаточно широкое использование, носил черты экспериментального проекта: идейные решения были найдены верно, но реализационные решения были характерны скорее для пилотного решения, чем для производственного транслятора (большое число просмотров программы – 24, некоторое дублирование анализа контекста, не всегда оправданное усложнение оптимизирующих преобразований). Однако не нужно забывать, что этот транслятор был первым оптимизирующим транслятором с Алгола. Новый транслятор – Альфа-6 – был улучшенной версией оптимизирующего транслятора с Алгола. Ряд предыдущих решений был приведен к более чистому и эффективному виду. Более четко был выделен внутренний язык и этап потокового анализа программ на внутреннем языке. Общая схема трансляции уже могла рассматриваться как типовая схема оптимизирующей трансляции (для одноязыкового транслятора), она насчитывала всего 10 просмотров. Лучше была решена проблема взаимного влияния различных оптимизирующих преобразований. Идентификация и визуализация ошибок пользователя была более совершенной, что облегчало эксплуатацию. В результате Альфа-6 стала достаточно широко используемой системой у пользователей БЭСМ-6.

Отдел программирования ВЦ СО АН СССР быстро стал ведущей, мирового уровня, точкой роста и развития языкового программирования. Здесь языки создавались, исследовались и реализовывались как в практическом, так и в теоретическом планах.

Языки для системного программиста: Эпсилон, ЯРМО. В середине шестидесятых годов широко шла «алголизация» программирования, которая давала в руки простому вычислителю удобный инструмент, позволяющий самому, а не через умудренного знаниями специалиста–программиста, создать программу и общаться с компьютером без посредников. Разработчики системы Альфа являлись самыми активными участниками этого процесса. Однако сама Альфа-система писалась непосредственно в машинном языке, и все проблемы, которые возникали, когда большая программная система создавалась на машинном языке, они прочувствовали в полной мере. Другие программные процессоры, связанные с обработкой символов, такие как системы компьютерной алгебры, системы автоматического построения алгоритмов, иначе говоря, синтез программ и ряд других подобных систем, связанных с обработкой текстов, формул или программ, на машинном языке писать уже не хотелось, а использовать Алгол, как это делали некоторые друзья–вычислители, разработчики–реалисты не собиравшись. Глядя с завистью на вычислителей, которых уже снабдили таким удобным инструментом, как система Альфа, позволяющей им общаться с компьютером на «естественном» языке, системные программисты чувствовали, что «сапожник ходит без сапог».

Именно это побудило разработчиков системы Альфа М. Бежанову, Б. Загацкого и И. Поттосина взяться за создание языка для собственных нужд. Вместо какого-либо расширения Алгола (или Альфа-языка), которое включило бы удобные средства, решили пойти другим путем. Хотелось мыслить в терминах непосредственного исполнения машинного языка, в терминах двоичных кодировок, упаковки информации в машинные слова и пр., но только облекая все в более удобные одежды, отличные от синтаксиса машинного языка. Иначе говоря, от «нашего» языка разработчики хотели близкой к машинному языку семантики и удобной для человека синтаксической формы. Заметим, что подобная же, по-видимому, идея была и у Никлауса Вирта, когда он создавал ориентированный на архитектуру ИБМ/360 язык ПЛ/360, ставший прототипом большого числа так называемых машинно-ориентированных языков. Второе, из чего исходили – это скорость трансляции при хорошем качестве получаемых программ. Не предполагалось практически никакой оптимизации и с самого начала считалось, что язык будет содержать только такие конструкции, о которых заведомо известно, как их эффективно реализовать. В каком-то смысле это привело к обеднению языка, и он-таки получился достаточно элементарным, так что его называли с горделивой скромностью – «Эпсилон», что подчеркивало, что это заведомо «маленький» язык. В частности, это сказалось на наборе операторов управления: только операторы перехода и условного перехода. Выражения были только бинарными; язык был бестиповым: значение предполагалось двоичным, а его понимание зависело от операции; структурных значений всего два типа – машинное слово, разбитое на последовательность слогов, возможно различной длины, и вектор одномерных слогов, занимающий последовательность машинных слов и т.п.

Формирование языка происходило в жарких спорах, в поисках компромисса: пройти между Сциллой недостаточно хорошей выразительности и Харибдой неэффективной реализуемости. Решения принимались, потом отвергались, с изменениями и модификациями к ним возвращались снова. К первоначальному коллективу присоединился А. Пар с его хорошим чувством языков и В. Катков; много советов было получено от Г. Кожухина.

Система Эпсилон-М. Окончательную версию языка сделали к маю 1967 г. и сразу же приступили к созданию транслятора для М-220. Но поскольку реализация языка уже просматривалась при его разработке, на написание транслятора ушло меньше месяца. Сам транслятор был написан тоже на Эпсилон, т.е. была осуществлена раскрутка (bootstrapping), благодаря чему все дальнейшее развитие системы осуществлялось с помощью ее самой. С осени 1967 г. началась опытная эксплуатация системы, в которой активно участвовали Т. Панкевич и Г. Плотникова. Итак, система работала, доводилась, развивалась. Она использовалась и в ВЦ СО АН СССР, и в других организациях. С ее помощью были написаны многие системы: и языковые процессоры, и системы компьютерной алгебры, и т.д. Особую роль она играла как основной инструмент написания программного обеспечения системы коллективного пользования АИСТ-0: все программное обеспечение размером в несколько сотен тысяч команд – и операционные системы, и трансляторы, и информационные системы, и системы компьютерной алгебры, и игровые программы – было написано на Эпсилон. Только ядро ОС, работавшее на Минске-22, было написано в мнемонике Минска.

К концу 1969 года была разработана система Эпсилон-М, она уже включала, помимо немного модернизированного транслятора, где был реализован во всей полноте механизм открытых процедур, отладочный редактор, который вставлял в исходный текст операторы, реализующие заданные операции отладки, контроль исходного текста, вставку библиотечных процедур. Все эти работы, как уже говорилось, использовали язык Эпсилон как инструмент. В 1969 А. Хоперсков начал работу над вариантом транслятора для БЭСМ-6. Хотя общие алгоритмы трансляции уже были опробованы в системе для М-220, но надо было их трансформировать для БЭСМ-6, а кроме того, доопределить семантику языка применительно к БЭСМ-6. Поскольку машинно-независимая семантика (так называемый эталонный уровень семантики) Эпсилон только частично покрывала семантику языка, то в полной семантике каждой конструкции языка сопоставлялся ее образ в машинном языке. Вот создание таких образов для БЭСМ-6 и было одной из задач А. Хоперскова, в начале 1970 года он уже завершил разработку и отладку системы Эпсилон-БЭСМ-6. Системы Эпсилон успешно эксплуатировались на разных компьютерах, пока они (кроме БЭСМ-6) не были вытеснены «отечественными» ЕС ЭВМ. Где-то году в 1974-м была предпринята попытка разработать систему Эпсилон для ЕС ЭВМ, но неудачный выбор разработчиков не дал осуществиться этому проекту. Язык Эпсилон ушел в прошлое вместе со старыми компьютерами, но сыграл большую и очень полезную роль в создании различных программных систем для них.

Языки разработки системного математического обеспечения – ЯРМО (последняя версия – ЯРМО-3) – были снабжены средствами, адекватными проблемной области применения. Главным следует считать наличие в ЯРМО системы типов, а также принятую концепцию разделения программы и средств управления ее реализацией, введенную как обособленная единица, факультативная по отношению к основному тексту программы. Среди особенностей ЯРМО-3 назовём также развитый механизм конструирования типов, позволяющий говорить о поддержке языком работы с абстрактными типами данных.

Структура языка подразумевает переносимость создаваемых программ, с этой целью проводится выделение языковых средств, входящих в «машинно-независимое ядро», которое содержит средства, отражающие фундаментальные концепции языка, поддерживаемые любой его реализацией. Это – встроенный набор типов, механизмы конструирования новых типов, процедурный механизм, управляющие конструкции, машинно-независимое управление реализацией. В машинно-зависимой части определяется базовый набор описаний. Такое разграничение позволяет компилятору анализировать степень зависимости текста на ЯРМО-3 от конкрет-

ной реализации, т.е. дает возможность определять, какие изменения в тексте программы необходимо сделать для того, чтобы осуществить ее перенос на новую вычислительную среду.

Принятая в ЯРМО-3 модель типа данных отражает строение типа как совокупности набора операций и множества значений; последнее разбито на подмножества, называемые «представления». Существенной особенностью типа в ЯРМО является множественность представлений. «Реальные» типы данных имеют в общем случае более одного представления, например, можно привести тип «комплексный», имеющий представление как в полярной системе координат, так и в виде пары вещественной и мнимой частей. Представления типов могут различаться не только на логическом уровне, но и на физическом: можно упомянуть различия в способе хранения массивов или в представлении вещественных чисел. Поэтому модель типа в ЯРМО-3 обладает тождественностью представлений как адекватным средством отображения «реальных» типов. Над значениями типа действуют операции, каждая из которых определена над некоторым декартовым произведением представлений. При этом результатом операции не обязательно является значение этого же типа.

Существуют приведения от обозначения к имени и далее к значению. Обозначение требуется лишь в позиции параметра встроенной операции, выдающей значение указательного типа, а также в позициях параметров атрибутов. Имя требуют: операнд присваивания (в левой части), выборки элемента из массива и выборки поля структуры, во всех остальных случаях производится считывание. ЯРМО-3 постулирует обязательное наличие у каждого типа следующего набора операций: генератор, присваивание, считывание и сравнения (на равенство и неравенство). Генератор может трактоваться как исполняемая статически (т.е. во время компиляции) операция создания объекта. Присваивание изменяет значение объекта; посредством присваивания осуществляется передача параметров подпрограммам. Операция присваивания требует, чтобы в левой ее части находилось либо выражение, выдающее имя, либо результат применения встроенной операции «косвенность» к значению указательного типа. Считывание выдает значение объекта по его имени, а операции сравнения на равенство и на неравенство устанавливают идентичность либо различие двух значений типа, отмечая этот факт соответствующим значением встроенного типа ЛОГ в качестве результата.

В язык встроен следующий набор типов, соответственно обозначенные «НИЧТО», «БИТ», «ЦЕЛ», «ЛОГ», «СТР» и «ВЕЩ», которые являются априорными по отношению к любой программе на ЯРМО-3. Тем не менее, не исключается возможность их переиспользования, что достигается организацией контекстов. Для каждой бинарной операции, определенной для встроенных типов, предопределена такая же операция, совмещенная с присваиванием.

На язык оказали влияние Алгол-68 и Ада. Первый повлиял на концепцию типа – в ЯРМО-3 есть, например, понятие «приведение», хотя оно и отличается от аналогичного понятия в Алголе-68, второй – на принятый в языке механизм ситуаций; оба – на стиль написания программ и модульность строения.

Следует сказать, что хотя ЯРМО-3 разрабатывался как язык, ориентированный на системное программирование, что, в частности, наложило отпечаток на требование «хорошей» реализуемости языковых конструкций, тем не менее, он обладал довольно высокой степенью универсальности, что можно отнести к его достоинствам.

Поддержка методологии абстрактных типов данных, разделение программы и средств управления ее реализацией, гибкость работы с объектами давали возможность «прикладным» программистам создавать проблемно-ориентированные контексты и работать как в рамках данных контекстов, так и в условиях их взаимодействия.

Функциональные языки и экспериментальные системы программирования. Для многих учеников А.П. Ершова типичной темой дипломной работы была реализация какого-либо нового, модного, недоступного у нас или свежесочиненного языка программирования. Некоторые разработки представляли собой интеллектуальный вызов мировым авторитетам. Другие возникали как элементы технологии программирования в наших реальных условиях.

В конце 1968 года в кабинете А. П. Ершова Джон Маккарти прочел серию лекций, посвященных языку Лисп. Возможность практического применения такого языка даже на нашей лучшей ЭВМ БЭСМ-6 вызвала сомнения у специалистов. Версия экспериментальной реализации полного Lisp 1.5 в условиях ограниченного машинного времени потребовала изрядной изобретательности, поиска результативных проектных и технологических решений. Например, для представления интерпретатора был предложен специальный язык загрузчика, удачно сочетавший эффективность программирования в кодах с гибкостью символьной обработки. В результате за 5 минут удавалось пропускать более 5 колод по 1000 перфокарт. Протокол работы программы начинал печататься моментально, сразу вслед за завершением приема перфокарт. Это определило результативность отладки Лисп-интерпретатора.

Производственная версия Лисп-системы включала в себя русифицированную лексику, универсальную обработку свойств объектов и механизм перераспределения памяти с выгрузкой стека во внешнюю память. Алгоритмы и реализация были разработаны и отлажены Л. Городней, а Л. Суковатина (Черноброд) выполнила отладку Лисп-арифметики с целью поддержки будущих исследований в области верификации программ. Во время очередного визита в Новосибирск Джон Маккарти собственноручно написал тест для проверки функциональной полноты новосибирской реализации Лиспа, и система выдержала эту проверку.

Лисп-система на БЭСМ-6 упоминается в книге «Мир Лиспа», один из авторов которой бывал в Новосибирске и очень дотошно вникал во все детали. В Мюнхенском музее Лиспа хранится публикация о новосибирском Лисп-проекте. Основное применение системы – исследования в области верификации программ, эксперименты по организации недоопределенных вычислений и конструированию семантических моделей.

Советская разработка системы программирования и компилятора для языка Little на БЭСМ-6 была выполнена Л.В. Городней в 1976 году. При реализации этой системы на макроассемблере было предложено и экспериментально опробовано комплексное решение ряда технологических проблем для обеспечения машинно-зависимого переноса программ без кросс-трансляции. Решение основано на идеях вертикального расслоения программ, функциональной декомпозиции на простые классы семантических систем, синтаксическое и семантическое управление конфигурированием компилятора, виртуального кода программы и оптимизирующей кодогенерации. Опыт этой разработки дал материал для формализации реализационной семантики языков программирования в виде интерпретируемых сетей, допускающих сетевое определение правил их функционирования. Кроме того, была выполнена систематизация требований ЕСПД к программной документации, которые реализованы в форме, сходной с гипертекстом.

Теоретико-множественный язык Сетл был предложен и разработан в начале 70-х годов профессором Нью-Йоркского университета Джекобом Шварцем. Это стало выдающимся событием: математик с мировым именем смело вошел в область программирования с радикальным практическим предложением, которое состояло в том, чтобы, базируясь на множествах как основных типах данных, писать программы в терминах высокоуровневых непроцедурных алгоритмов, широко использующих логико-предикатные средства. В 1972 году Дж. Шварц по пути из Китая сделал короткую остановку в Новосибирске и рассказал о Сетле на семинаре в Вычислительном центре. Организация этого выступления и последующего проекта Сетл в Новосибирске стали еще одним подтверждением выдающейся чуткости А.П. Ершова к фундаментальным тенденциям в программировании.

Появление Сетла обрадовало и заинтересовало А.А. Ляпунова, известного своими фундаментальными результатами в теории множеств, до такой степени, что он откомандировал только что вернувшегося из армии сотрудника своей лаборатории «заниматься Сетлом к Ершову». Высокий профессионализм, творческий энтузиазм, прекрасная атмосфера интеллигентного коллектива, интересная задача помогли Д. Левину быстро включиться в проект Сетл. Новосибирская Сетл-команда сформировалась естественным образом. Л.В. Городняя и Л.В. Черноброд к этому времени уже обладали огромным опытом работы с языком Лисп и его реализацией. Вкус к языку повышенного уровня, динамике данных, знание фундаментальных принципов и тонкостей этой области позволили им быстро оценить новый проект и энергично приступить к его реализации. Применение Лиспа для моделирования семантики Сетла имело свои преимущества и недостатки. С одной стороны, операции с подвижными и иерархическими множествами, включая необходимую для них сборку мусора (garbage collection), хорошо поддерживались базовыми механизмами Лиспа. С другой стороны, поскольку множества – это далеко не списки, то реализация ассоциативных выборок, построение теоретико-множественных объединений, пересечений, дополнений и др. в принципе не могли быть эффективно реализованы на Лиспе. Опыт Лисп-реализации и полученные к тому времени результаты группы Дж. Шварца (версия Balm-Setl) показали, что продвижение к эффективной реализации нового языка лежит через построение специальной виртуальной машины, прицельно поддерживающей основные элементы теоретико-множественного программирования. Создание такой машины, версии входного языка, компилятора и окружения стало задачей разработчиков в 1973–75 годах.

Сравнительно быстрому получению практических результатов способствовал выбор в качестве средства реализации Сетла системы Эпсилон-БЭСМ-6. Роль Эпсилона оказалась тем более важна, что почти в то же самое время в группе Шварца началось применение аналогичного средства – языка Little. Реализация Сетл – Эпсилон имела свои плюсы и минусы, но эта быстрая, прагматичная, с изощренными алгоритмами реализация позволила почти сразу начать довольно широкое программирование на Сетле.

Это было прекрасное время безоглядной «игры мускулами» – возможностями очень быстро написать почти неалгоритмическую программу и наслаждаться ее работоспособностью. Было, например, проведено моделирование весьма модной в те годы fuzzy logic. Сделано это было на примере системы, которая по фразе вроде «Нарисуй небольшой круг в правом нижнем углу экрана, а над ним – маленький квадрат» действительно выдавала на АЦПУ похожую конфигурацию, очерченную звездочками. Это была лишь игрушечная иллюстрация, с одной стороны, фундаментальной лингвистической модели «Смысл – Текст», восходящей к известному советскому лингвисту И. Мельчуку, а с другой – глубокого проекта «Рисунок–Информация–Текст», выполнявшегося под руководством А. Нариньяни.

В это же время появились первые отечественные публикации о Сетле. Наряду со статьями о Сетл – Лисп и Сетл – Эпсилон большое значение имела работа В. Касьянова, посвященная оптимизации. Действительно, «повышенный» уровень языка Сетл, новые типы данных, операции и языковые конструкции могли стать серьезным вызовом для развития и применения оптимизационной техники. В 1974 году на Всесоюзной конференции в Бакуриани, при первом выходе Сетла «в свет», проявился явный и глубокий интерес профессионалов к этому проекту. Вообще, отношение к Сетлу было всегда заинтересованное и благожелательное. Наряду с А. П. Ершовым – А. Берс, В. Котов, С. Лавров, Э. Любимский, Э. Тыгу, И. Поттосин, А. Фуксман и другие сразу оценили стратегическое значение вклада, сделанного Дж. Шварцем, и постоянно проявляли живой интерес к отечественному проекту.

Особое влияние на судьбу новосибирского проекта Сетл оказал А.С. Нариньяни, который предложил широко использовать его для экспериментального программирования задач искусственного интеллекта (ИИ). Это был по-настоящему смелый и мудрый поступок, поскольку респектабельность в области ИИ предписывала пользоваться Прологом, а профессиональное программирование демонстрировало безнадёжную неэффектив-

ность языков высокого уровня. Позиция Нариньяни была свободна от консерватизма: Пролог намертво фиксировал как раз то, что должно было составлять суть экспериментов в ИИ, а «неэффективность» давно следовало трезво оценивать с позиций требований конкретных приложений.

Дж. Шварц оценивал неэффективность созданного им языка лишь в целом, равномерно и, кажется, переоценил ее, чем надолго задержал крупные эксперименты по прототипированию и, тем более, построению приложений. Хотя свою миссию – предложить в чистом виде новую фундаментальную парадигму программирования и максимально полно показать ее проблемы – он выполнил блестяще.

Первым заметным сибирским применением Сетла была реализация с его помощью прототипа системы общения с базой данных на естественном языке, выполненная в 1976 году. Прототип состоял из словаря, лингвистического процессора, переводящего естественно-языковые запросы к базе данных в стандартизованный язык СУБД, а также из собственно макета СУБД, включая наборы демонстрационных данных. Лингвистический процессор был построен как компилятор, осуществляющий несколько проходов и основанный на продукционных правилах, которые принимали во внимание главным образом лексико-синтаксическую информацию. Макет СУБД хорошо подтверждал исходное предположение Шварца о естественности применения Сетла для работы с базами данных.

У этой Сетл-программы, занимавшей не более двухсот строк и за 12 секунд отвечавшей на вопросы типа «Кто завлаб в лаборатории, где средняя зарплата не меньше 150 рублей?», оказалась хорошая история. Во-первых, ее многочисленные варианты эффектно демонстрировались затем лет десять применительно к дюжине языков и нескольким предметным областям. Во-вторых, она послужила зерном, из которого выросли развитые обстановки для создания процессоров естественного языка. В-третьих, из нее выросла система СТЕНД – интегрированный инструментальный комплекс программирования, который явился наивной, но благородной попыткой построить «полную» инструментальную среду, в которой программист не должен был опускаться ниже уровня Сетла. А выше Сетла были продукционные системы, СУБД, а самое главное – конструктор виртуальных процессоров. В идеале программы виделись как суперпозиции троек процессоров: данных, вычислений и интерфейсов. Заметное оживление Сетл-деятельности наблюдалось в ходе легендарного проекта СТАРТ (1985–1988 г.).

А.П. Ершов никогда не менял своей точки зрения на Сетл как на фундаментальное явление программирования. Важно, что он способствовал появлению черт Сетла в языковых средствах «детской информатики», хорошо понимая их роль в освоении базовых понятий программирования. Ценность теоретико-множественных и логико-предикатных элементов лексикона общения с ЭВМ не может устареть по определению. Другое дело, в какой контекст будут практически погружены эти элементы и какова будет архитектура их реализации.

Вспомним, что исходной идеей Шварца был язык абстрактных алгоритмов. С одной стороны, абстрактные алгоритмы должны были реально исполняться и давать полноценную возможность прототипирования. Уже в 1976 году в наших проектах появились библиотеки представлений множеств и методов работы с ними. В чем-то этот подход даже опережал время, но в нем был и свой источник трудностей: отсутствие индустриальной базовой системы программирования и закрытость набора методов. Сегодня теоретико-множественная оболочка могла бы вполне продуктивно работать на основе C++ или Java.

Хорошим тоном в Отделе программирования ВЦ СО АН СССР считались отслеживание новейших работ по созданию языков программирования (например, PL/1 или Симулы-67), а также и непосредственное участие в разработках языков в международных командах. Это, главным образом, относится к работам по Алголу 68, поскольку А.П. Ершов был членом рабочей группы РГ.2.1 ИФИП по Алголу. Мы не только оперативно анализировали текущие материалы по языку, не только вносили свои замечания и предложения, но и создавали свое видение будущего «русского национального варианта» этого международного языка.

В Алголе 68 была великолепно выдержана структура языка: словесные эквиваленты символов, закрывающие скобки для условных конструкций, выбирающие предложения, параллельные фразы, хорошо проведенная борьба с побочными эффектами, хотя в языке они не запрещались. И конечно, сама двухуровневая грамматика ван Вейнгаардена.

Алгол 68 явился первым языком с богатым списком средств описания типов. Можно было четко описать структуры с вариантами, комбинировать с массивами и т.д., и т.п. Там был прекрасный механизм приведений, который позволял достаточно глубоко пользоваться описанными типами для того, чтоб перебрасывать по ним значения. Другая замечательная вещь – выдача значения почти любой конструкцией, что позволяло широко пользоваться функциональной суперпозицией при построении выражений. Важно осознать тот факт, что значение, которое выражение выдает, – однократно, неповторимо и уникально, и что оно может использоваться только однажды, хотя и двумя разными способами. Либо его подхватит суперпозиция, либо его нужно спрятать как состояние объекта. В первом случае значению не надо давать обозначение, тогда его использование как бы от тебя скрыто, потому что само это значение увидеть нельзя, и оно ничем не названо. С другой стороны, если ты его ничем не подхватишь, то оно исчезнет.

Алгол 68 позволял писать очень красивые и сложные выражения и программы связного характера. Язык получился довольно стройный и сыграл большую роль в упорядочении и ректификации свойств и понятий. Некоторой сложности ему добавляло, на мой взгляд, стандартное вступление, которое составляло четверть описания языка. Это был еще более сжато написанный на самом Алголе 68 программный текст с дополнительными надстройками макросного характера. Заметим, что в современных языках самого-то языка мало, преобладают большие описания библиотек, заголовки которых называются функциями, конечно, назло всем математикам. С этой точки зрения мне представляется, что Алгол 68 был академическим языком, он так и не стал производст-

венным. Сейчас можно проследить, как много от него осталось идей. То, что типы можно описывать как угодно, какими угодно способами, переросло в понятие класса. Это было несколько иначе сделано в Симуле, и потом «перекочевало» в C++.

Языки программирования всегда тащили за собой английский жаргон, причем не язык, а именно жаргон. Поэтому в наших работах по Алголу 68 существенным было создание русского национального варианта Алгола 68. Мы с Ершовым стремились к тому, чтобы весь текст программы можно было напечатать без латинских букв и чтобы программы можно было бы практически читать вслух – вещь недоступная для предыдущих языков. В «Пересмотренном сообщении об Алголе 68» удалось включить в текст правила, регламентирующие создание законных национальных вариантов этого международного языка. В 1979 году вышел мой перевод «Пересмотренного сообщения», и там удалось добиться того, что параллельно с оригиналом описания на развороте размещалось русское описание, в котором можно было все синтаксические правила читать как достаточно естественные предположения русского языка. А синтаксис вообще удалось перевести как стихи – все правила сохранили и семантический и мнемонический смысл, и точную форму. Один из эпиграфов был заменен цитатой из Платоновского «Кратила», которая явно подчеркивала намерения переводчика: «Сократ: Однако, если ... имена должны быть выражением чего-либо, знаешь ли ты иной, лучший способ создать эти выражения, нежели сделать их возможно более тождественными тому, что они должны выразить?».

Люди всегда будут думать на своем родном языке, хотя пока еще, к сожалению, не появилась ...ская национальная версия для каждого языка программирования. Кстати, в самих языках программирования английский всё-таки превалирует, но вот что касается рабочих и операционных обстановок, то с ростом роли персональных компьютеров одноязычье не прошло и все привело нас к тому, что национальные версии систем программирования и операционных систем таки есть! – в конечном итоге не прошло и 35 лет.

Проект Бета. Накопленный в оптимизирующей трансляции опыт дал возможность перейти к следующему новосибирскому трансляторному проекту – многоязыковой транслирующей системе Бета. И мне кажется, что здесь прежде всего нужно упомянуть выдающийся прорыв, который сделал Андрей Петрович, придумавший одновременную реализацию трех языков.

Каждый из нас воспитывался в каком-то алгоритмическом языке, мы были в основном *алголики*, Курочкин был *фортранец*. Вдруг оказалось, что есть три больших языка, семантически достаточно похожих и достаточно разнообразных, и тем не менее их нужно реализовать все вместе. И в результате мы были «вытащены» в надъязыковую позицию, и с этой точки зрения хорошо сравнить нас и А. Терехова, который реализовал Алгол 68, но в его стиле и застрял надолго... Он за пределы идеологии Алгола 68 никак не мог выйти. И вот эта ситуация выхода в надъязыковое пространство представляется мне одним из выдающихся достижений А.П. Ершова. По крайней мере, в моей проектно-программной жизни выход этот сыграл очень большую роль.

Цели проекта БЕТА были весьма амбициозные, недаром название проекта расшифровывалось самим А.П. Ершовым в шутку как Большая Ершовская Трансляторная Авантюра. Предполагалось, что будет создана открытая транслирующая система с высоким уровнем глобальной оптимизации программ, охватывающая практически весь тогдашний класс императивных языков высокого уровня и ориентированная на получение программ для большинства существующих архитектур. Речь шла о создании мощной базовой системы трансляции, одноязыковые трансляторы в которой выглядели как частный случай. Забегая вперед, нужно сказать, что в принципиальном отношении задача была решена.

Для создания подобной системы определяющим было решение трех проблем – разработка общего внутреннего языка как семантического базиса широкого класса входных языков, выработка универсальной схемы языково-независимой оптимизации программ, разработка технологии включения новых входных языков в единую транслирующую систему. Все эти проблемы носили весьма серьезный характер, и проект планировался как комплекс длительных методологических и экспериментальных исследований. Он выполнялся более 10 лет.

Начальный этап проекта в значительной мере определялся исследованиями по внутреннему языку, который мыслился как семантический базис, унифицирующий языковые средства входных языков, как основа оптимизации программ и как общее исходное представление программ для генерации кода. Окончательная версия внутреннего языка была создана как объединение абстракций общих понятий и конструкций широкого спектра входных языков с включением не полностью интерпретируемых языково-зависимых конструкций. Версия эта была построена на анализе большого числа существовавших тогда языков программирования – Алгола 60, ПЛ/1, Симулы-67, Алгола 68, Паскаля, на выделении общностей этих языков – в системе типов, в управляющих конструкциях, на построении абстракций, как отражающих эти общности, так и дающих простор для включения специфических средств данного языка. Вся эта работа была частью общемировых исследований по внутренним языкам и помимо своей конструктивной роли для БЕТА-проекта обогатила понимание общей содержательной семантики существующих языков программирования.

Оптимизирующая трансляция в системе БЕТА реализуется специальным оптимизирующим процессором, осуществляющим глобальные оптимизирующие преобразования программы на внутреннем языке. Оптимизирующее преобразование понимается как пара: условие применимости преобразования и собственно схема трансформации в терминах внутреннего языка. Условия применимости большинства преобразований существенно используют управляющие и информационные зависимости между операторами программы, поэтому в оптимизирующем процессоре выделяется начальный этап потокового анализа. В результате его работы над операторами внутреннего языка надстраивается гамачно-цикловая иерархическая структура, а каждый опера-

тор и компонент такой структуры снабжаются списками аргументов и результатов. Как условия применимости, так и трансформации определяются в терминах введенной иерархии, кроме того, иерархия используется для факторизации глобальных оптимизаций.

Собственно трансформирующая часть оптимизирующего процессора построена как открытый набор преобразований. Был выбран некоторый порядок их исполнения, дающий наибольший эффект совместного применения с учетом взаимозависимости. Ряд оптимизаций был существенно обобщен: чистка циклов реализовывалась не только за счет выноса перед циклом фрагментов выражений, но и за счет выноса операторов целиком, а также целых гамаков; как перед, так и после цикла; максимально осуществлялось удаление несущественных операторов, обобщавшее так называемую ликвидацию «мертвого кода».

Таким образом, в системе БЭТА были развиты в сторону кристаллизации те понятия оптимизирующей трансляции, которые были найдены в Альфа-проектах: внутренний язык стал действительно единым, потоковый анализ был выделен как отдельный фрагмент, да и само выполнение языково-независимых оптимизаций было выделено в отдельный компонент транслирующей системы, который мог привлекаться по желанию пользователей.

Технологической целью проекта была максимальная унификация трансляции с различных языков. Общая схема трансляции включала двухпроходную схему получения абстрактной программы на внутреннем языке (декомпозиции), охватывающую лексический, синтаксический и контекстный анализ (язык Ада внес сюда некоторые коррективы), многопроходную работу оптимизирующего процессора, включаемую лишь по специальному запросу, и двухпроходную схему генерации кода.

Оптимизирующий процессор не зависел ни от входного, ни от выходного языка – языково-зависимые конструкции внутреннего языка снабжались нужными для оптимизации атрибутами и были в этом смысле частично интерпретируемы. Вначале предполагалось, что как получение абстрактной программы, так и генерация кода будут строиться специальными мета-процессорами по описанию входного и выходного языков соответственно, однако в окончательной версии победил модульный подход. Была сделана библиотека модулей декомпозиции, фактически вводящая обобщенные операции, в терминах которых строились лексический, синтаксический и контекстный анализ для конкретного языка. Точно также была создана библиотека генерации кода, включавшая модули общих для генерации действий – обхода программы на внутреннем языке, назначения регистров (с учетом конкретных параметров архитектуры) и пр. Как показал опыт, общая часть декомпозиции и генерации кода (оптимизация была универсальной) составляла, в зависимости от языка, от 40% (Ада) до 60% (Паскаль).

В целом этот проект был интересным экспериментом в трансляции программ, по своему размаху превосходящим другие опыты многоязыковой трансляции, существовавшие в мире. Были реализованы Симула 67, Паскаль, Ада и Модула-2, причем два последних языка, не участвовавшие в выработке схемы трансляции и внутреннего языка, хорошо вписались в систему, что свидетельствовало о надежности принятых в проекте решений. Целевыми машинами были столь разные архитектуры, как БЭСМ-6 и СМ-4. Область трансляции стала традиционной для новосибирцев. Было реализовано множество трансляторов для различных языков – от Сетла до Оберона, традиции многоязыковой трансляции были продолжены в биязыковой системе программирования XDS.

Теперь посмотрим на значение перехода к языковой парадигме в целом. Мы перешли на знаковые формы, на тексты программ. Появилась возможность писать содержательные обозначения, появился, как у всяких текстов, синтаксис. Важно обратить внимание на то, что у программных текстов с самого начала имеются две семантики. Сама *семантика текстов*, которая позволяла использующие вхождения соотносить с определяющими вхождениями, делать идентификацию, организовывать движение по тексту и вызывать процедуры. С другой стороны – семантика исполнения, про то, что будет делаться, когда программу преобразуют и приведут к форме, пригодной для исполнения на машине. И вторых семантик изначально было несколько, например, императивная или дескриптивная и пр. Естественно, что появились все основные структуры, которые мы все прекрасно знаем: описания, операции, выражения, операторы. Следование, переходы, ветвление, циклы, вызовы. Блоки, модули, файлы и т.д.

Самый важный момент, который здесь следует отметить, с языками появилось понятие данных. И появились понятия: тип данных и представление данных. При этом среди типов выделились простые, составные, динамические типы. Вот примеры простых типов: логические, битовые и байтовые. Вещественные и целые числа, указатели. Составные типы: массивы, структуры, строки. Динамические типы: списки, деревья.

Возникли два режима работы с исходной программой: интерпретация и трансляция. Очевидно, чистый интерпретатор, который ничего не делает с программой на языке высокого уровня, а только прямо по ней двигается и ее исполняет, по-видимому, не существует – это было бы слишком медленно. Поэтому сначала идет некоторое промежуточное преобразование, а потом начинается исполнение, что получилось, с учетом тех значений, которые уже находятся в памяти. Это и есть характеристическое свойство интерпретации, в то время как трансляция занимается преобразованием программ тогда, когда про значения, которые будут во время выполнения, еще ничего не известно. Это отличие очень хорошо понимал и объяснил нам Андрей Петрович в работах по смешанным вычислениям. Это дало возможность переходить к смешанным исполнениям, когда трансляция и интерпретация могут исполняться по очереди.

Понятие типа тоже эволюционировало. Изначально тип определялся как множество значений, которое может принимать данная величина. Через некоторое время перешли на алгебраический способ определения. Типом стало называться множество операций, которое можно производить с данной величиной. Так же стали описывать и типы объектов, когда ввели в обиход объекты.

Далее имело место усиление выраженческого характера языка. Я считаю, что Алгол 68 был ведущим в этом отношении, потому что возможность написать сложное выражение и по дороге что-то там же оставить, присваивая значение этого выражения, и теперь хорошо используется. Это тот самый вариант, когда один раз мы значение выражения использовали, а оно нам еще будет нужно, вот мы его и спрятали. Раньше для этого надо было выходить в другую (рефлексивную) позицию рассуждений, не вычислений, а именно рассуждений, которые проводились. Сейчас в объектных языках всё очень хорошо: вы должны с помощью этого значения привести объект в определенное состояние. Приведя, вы можете из этого состояния вычитывать это значение столько раз, сколько вам надо, и получите, что оно обозначало.

Учет национальных особенностей и адаптация языков программирования к региональным алфавитам оказались проблемой. Естественно, что все программы, которые писались на Западе, писались по-английски. Против этого возражали активно только французы и весьма активно – наш Отдел программирования. Мы этим делом занимались всерьез, причем воевать приходилось не только с американцами, но и с нашими, например, со многими москвичами. Теперь – то это все не так сложно, так как появился Unicode. А если у вас есть Unicode, вы можете писать хоть китайские иероглифы в качестве идентификаторов.

Происходило последовательное, постепенное, но постоянное отчуждение исполнения программы от программиста, потому что между ними стоит транслятор, и не какой-нибудь, а оптимизирующий компилятор, и то, что вы написали, и то, что будет исполняться, совсем друг на друга не похоже. Именно языки программирования установили огромный барьер между сопоставлением текста программы и ходом ее исполнения: между тем, что написано, и тем, что делается. И повышение уровня языка программирования приводит к тому, что пишется одно, имеется в виду другое, а делается третье. А поскольку программисты чаще всего не принцессы, то семантические и реализационные «горошины» остаются незамеченными через «пятнадцать перин» трансляторов и операционных систем.

Появилось и некоторые другие трудности, например, коллизия обозначений: поскольку количество слов, которые мы используем, не так велико, они начинают совпадать. Тогда были придуманы такие конструкции, как блок и модуль. А когда несколько человек делали части одной программы, оказывалось – то, что надо стыковать, называется по-разному, там тоже возникали соответствующие проблемы.

Вместе с процедурами появился побочный эффект, когда вы выполняете некоторое действие, а потом оказывается, что где-то что-то изменилось, хотя вы – то, вообще говоря, этого даже и не имели в виду. Поскольку появилась вычисляемая адресация данных через указатели, возникла проблема всяких указателей, которая делает программу неработоспособной. Автоматически стали порождаться величины и занимать память. Ее надо было освобождать. Появилось понятие «мусора» и появились алгоритмы сборки «мусора». Кроме того, всегда была некоторая работа, когда либо на исходном уровне надо собрать куски и согласовать между собой, либо после некоторых преобразований надо состыковать рабочие подпрограммы.

Примером интерференции синтаксиса и семантики исполнения может служить «подстановка именем» в Алголе. Напомню, что надо строку, представляющую фактический параметр, подставить на то место текста тела процедуры, которое занимает формальный параметр, причем это делается во время исполнения. Но во время исполнения текста – то уже не существует. Поэтому возникает некая проблема, которую, конечно же, решили. Тем не менее, этот способ передачи параметров не прижился. Вместо него появилась подстановка по ссылке. В результате языковая парадигма дала нам в руки эффективные средства свертки действий в форме подпрограмм, процедур, модулей, появления стандартных библиотек и появления баз данных, в которых стандартным образом хранилась информация. Опыт глубокого изучения языков был применен выросшими в Отделе программирования людьми не только для создания языковых процессоров, но и в разработке и построении реальных программно-аппаратных комплексов, таких как АИСТ-0, рабочая станция «Кронос», архитектура которой выросла вокруг идей языка Модуля-2, семейство рабочих станций «МРАМОР» с несколькими созданными в ходе разработки его аппаратуры и ПО языками («ЯВА», «Фодула» и «Сидула»).

Большинство использованных источников можно найти на сайте ИСИ:

<http://pd.iis.nsk.su/>

<http://ershov.iis.nsk.su/russian/>

<http://db.iis.nsk.su/pottosin/40/win/booklet.html>

<http://start.iis.nsk.su/>

В.А. Коптюг и становление химической информатики в СО РАН

Богданова Т.Ф., Пиоттух-Пелецкий В.Н.
Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН
bogd@nioch.nsc.ru

V.A. Koptyug and the Origin of Chemical Informatics in SB RAS

Bogdanova T., Piottukh-Peletsky V.
N.N. Vorozhtsov Novosibirsk Institute of Organic Chemistry SB RAS

A history of chemical informatics origin and development at the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences in 1970-1990 and the role of academician Valentin Koptyug in scientific and organization development of this branch of science are presented by his younger colleagues.



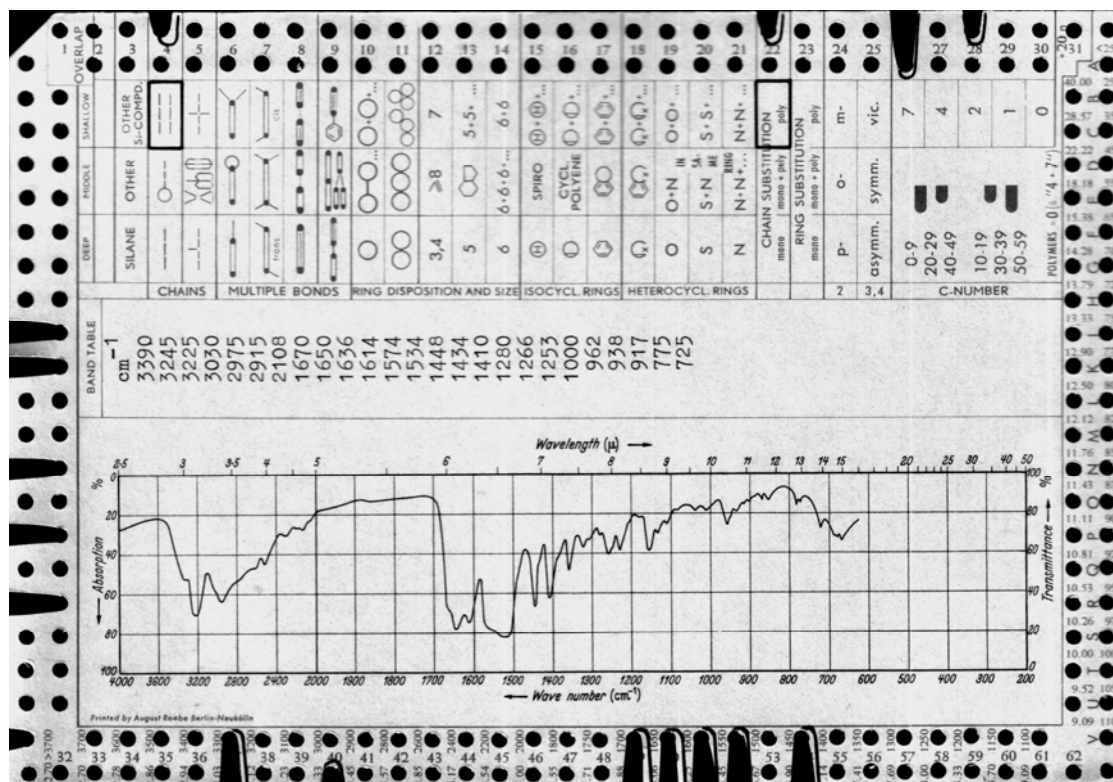
В середине XX века началось бурное вторжение в органическую химию физических методов исследования соединений – ультрафиолетовой и инфракрасной спектроскопии, масс-спектрометрии, ядерного магнитного резонанса, рентгено-структурного анализа. Использование этих спектральных методов позволило во много раз повысить продуктивность работы химиков-органиков и сократить время, которое требуется для установления строения сложных молекул. Но с увеличением числа описанных химических соединений увеличивается и вероятность того, что исследуемое соединение окажется уже известным. Поэтому весьма востребованными оказались каталоги и картотеки, в которых содержалась информация о спектральных характеристиках уже изученных соединений. Очень скоро в химии возникла ситуация «информационного взрыва»: проанализировать и выбрать вручную всю нужную информацию о строении и свойствах химических соединений стало практически невозможным. Осознав эту проблему, химик-органик по специальности, Валентин Афанасьевич Коптюг (1931–1997) одним из первых стал активно внедрять в исследовательскую практику химической науки компьютеризованную обработку накопленной информации.

Его первая работа в области химической информатики – «Использование ЭВМ для опознавания химических соединений по спектральным характеристикам. Система поисков ИК-спектров соединений» – опубликована в 1970 г. Спектры поглощения ор-

ганических соединений в инфракрасной области (ИК) представляют собой сложные, уникальные для каждого соединения кривые, которые можно считать своеобразными «отпечатками пальцев» для органических молекул. В библиотеке спектральной информации Новосибирского института органической химии (НИОХ СО АН) имелось несколько бумажных каталогов ИК спектров и картотеки, в которых ИК-спектры соединений хранились на картах с двухрядной краевой перфорацией. С помощью прорезей на краях карты можно было закодировать положение наиболее интенсивных полос поглощения, а поиск веществ, удовлетворяющих заданному набору спектральных признаков, проводился при помощи спиц. Такая «автоматизированная» система очень скоро перестала удовлетворять сотрудников НИОХ, и вместо спиц было решено воспользоваться электронно-вычислительной машиной БЭСМ-6.

Над первой компьютерной системой поиска ИК-спектров вместе с В.А. Коптюгом работали как химики-спектроскописты из НИОХ (И.К. Коробейничева, В.С. Бочкарев), так и программисты ВЦ СО АН (Ю.П. Дробышев, Р.С. Нигматуллин, В.А. Лобанов). Совместными усилиями были разработаны способы кодирования данных, пригодные для хранения информации на машинно-читаемых носителях (в частности, дискретное кодирование сплошной спектральной кривой); коллекция спектров была записана на магнитную ленту и стала первой в СССР машинной базой ИК-спектров. Из базы данных (БД), содержащей примерно 18 000 записей, с помощью поисковых процедур за 10 сек работы центрального процессора БЭСМ-6 осуществлялся отбор соединений, наиболее соответствующих параметрам запроса.

С этих первых машинных каталогов ИК-спектров начались работы по химической информатике в НИОХ. Валентин Афанасьевич четко осознал важность и перспективность научной активности в этой области, и в 1971 году по его инициативе в Институте был создан Научно-информационный центр по молекулярной спектроскопии – НИЦ МС, который позднее, в 80-е годы, был переименован в научно-технический центр химической информатики – НТЦ ХИ. Первым руководителем НИЦ МС был В.А. Коптюг. В 1990 году руководителем Центра стал Б.Г. Дерендяев.



Основными направлениями работ Центра были:

- пополнение справочно-информационного фонда по различным видам молекулярной спектроскопии;
- создание автоматизированных комплексов для обработки спектральных и структурных данных;
- создание компьютерных баз данных по структурам и спектральным свойствам органических соединений;
- разработка информационно-поисковых и логических систем для решения как структурных задач в органической химии, так и прикладных задач по поиску и идентификации неизвестных соединений по их спектральным характеристикам.

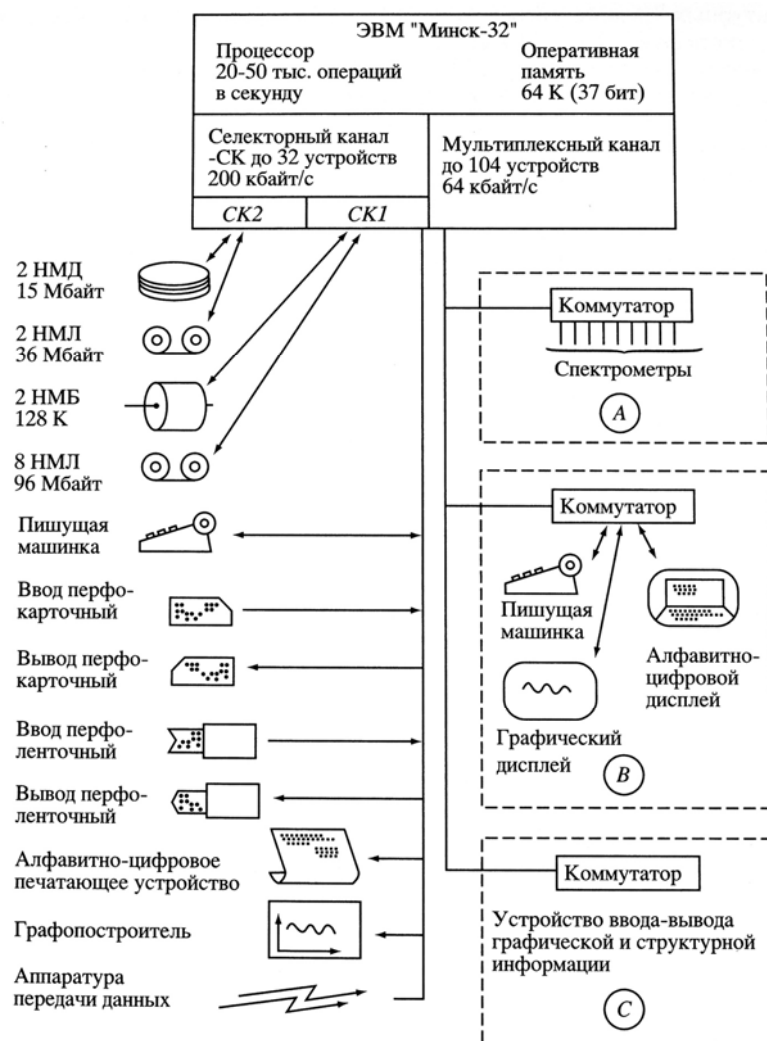
В НИОХ появились свои специалисты в области обработки химической информации. Среди них были как профессиональные математики и программисты – В.И. Смирнов, О.Н. Шарапова, Л.В. Фролова, С.Г. Молодцов, так и химики – С.А. Нехорошев, В.Н. Пиотух-Пелецкий, В.М. Тормышев, К.С. Лебедев, Б.Г. Дерендяев. Валентин Афанасьевич считал, что лучше химика перекавалифицировать в специалиста в области обработки информации, чем математика обучать химии.

Эффективность работы информационно-поисковых систем в любых отраслях науки и техники в значительной степени зависит от объема и качества информации, представленной в базах данных этих систем. Создание химических баз данных на том этапе развития ЭВМ представляло особую трудность в связи с большим объемом накопленной информации, многообразием синтезируемых соединений и проявляемых ими свойств. Информационным фондом для систем, разрабатываемых в Центре, служила созданная НИОХ и ГПНТБ СО АН специализированная библиотека спектров, в которой были представлены картотеки, каталоги, атласы и другая справочная информация по молекулярной спектроскопии. Непосредственно библиотекой спектральной информации занималась Г.Г. Балакина, а руководила этим направлением работы М.И. Подгорная.

Информационная база, описывающая индивидуальные органические соединения, включает в себя название соединения и характеристики его свойств: молекулярный вес, молекулярную формулу (брутто-формулу), точки кипения и плавления, различного вида спектры. Обычно поиск химического соединения в различных спектральных каталогах проводится по его названию, но разобраться в существующих системах химической номенклатуры – названиях соединений – способен не каждый химик. Однозначно органическое соединение определяется своей структурной формулой – химическим графом с оговоренными свойствами вершин и ребер. Поэтому при построении машиночитаемой информационной базы органической химии было желательно решить задачу ввода в ЭВМ и вывода из памяти ЭВМ структурной информации в приемлемом для химика виде.

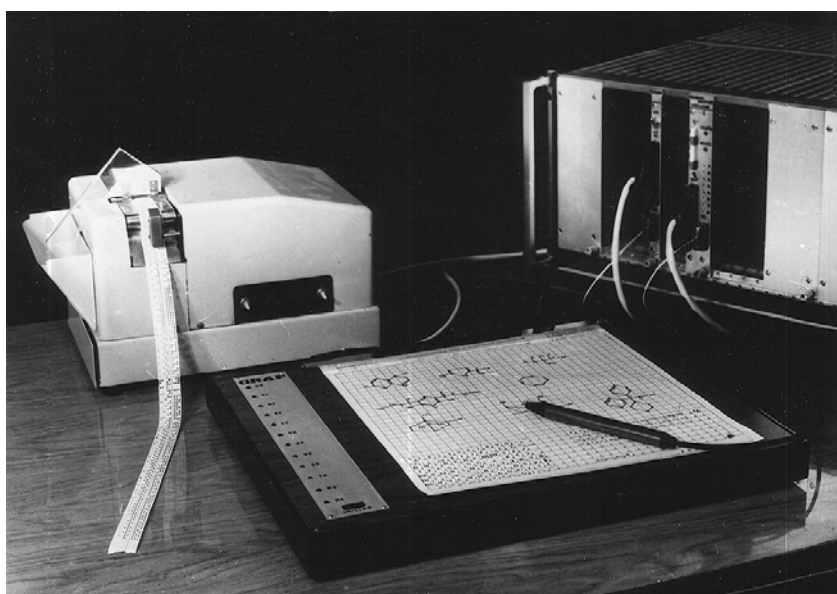
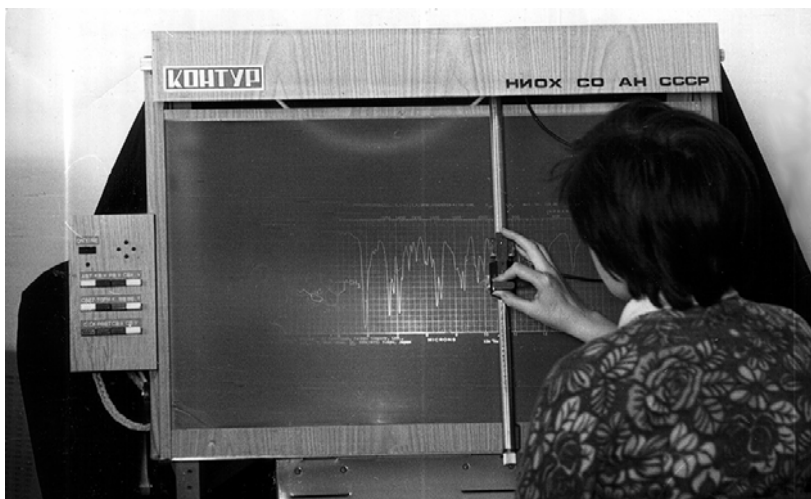
Первыми машинными БД были базы по ИК-спектроскопии [1, 2], электронной спектроскопии [3] и спектроскопии протонного магнитного резонанса [4]. В них не была представлена структурная формула соединения и не было полного описания спектральной кривой. Поисковые системы на основе этих БД были реализованы на ЭВМ БЭСМ-6 и были, в основном, ориентированы на решение задач по идентификации исследуемых соединений по их спектральным характеристикам.

К середине 70-х годов многие приборостроительные фирмы перешли на выпуск спектрометров в комплекте со специализированными малыми ЭВМ. В НИОХ появилась ЭВМ Минск-32, которая стала базой централизованной системы, связывающей все локальные системы и терминалы в единый комплекс [5, 6]



Через мультиплексный канал к процессору можно было подключать как терминальные комплексы исследовательских групп по различным видам спектроскопии, так и специализированные устройства группы формирования машинных каталогов. Занесение в машинные каталоги спектров изучаемых соединений, которые регистрируются на связанных с ЭВМ спектрометрах, теперь не представляло трудностей, но для ввода в каталог опубликованных ранее спектральных данных потребовались специальные устройства. В НИЦ МС было разработано полуавтоматическое устройство «Контур» для ввода в ЭВМ графической спектральной информации [5]. Предварительно микрофильмированный спектр проецировался на экран из матового стекла и обводился вручную с помощью визира. Специальные датчики фиксировали изменения координат и осуществляли дискретное кодирование спектральной кривой с определенным шагом. Эту закодированную информацию можно было выводить на перфоленту или на магнитную ленту или сразу передавать в ЭВМ. Параллельно, с помощью алфавитно-цифрового дисплея Видеотон-340, можно было вводить сопутствующую текстовую информацию.

Анализируя имеющиеся базы химических данных и опыт, накопленный при разработке технологического процесса создания БД по различным видам молекулярной спектроскопии, сотрудники Центра пришли к выводу, что такие БД должны содержать максимально полное представление данных и быть открытого типа. Основным элементом ряда взаимосвязанных проблемно-ориентированных БД должна стать структурная база данных, содержащая полное графическое описание структурных формул химических соединений. Г.П. Ульянов и А.Р. Маслов разработали оригинальное планшетное устройство ГРАФ для кодирования и ввода структур органических соединений [6]. На планшете размещался специальный бланк, и оператор с помощью электронной шариковой ручки рисовал на этом бланке структуру в привычном для химика виде.



В память ЭВМ заносилась не только матрица смежности, но и координаты вершин вводимого химического графа. Устройство «ГРАФ», а также разработанные алгоритмы и программы манипулирования химической структурной информацией позволили приступить к созданию широкомасштабных БД по структурным формулам органических соединений, соответствующих введённым ранее спектрам [7].

Особенностью создаваемых БД, отличавшей их от многих, известных в то время, было наличие информации о привычном для химика изображении структурной формулы. Благодаря этому стало возможным создавать интерактивные компьютерные системы, обеспечивающие графическое отображение как спектральной, так и структурной информации. Вторым и не менее важным следствием создания БД по структурам органических соединений, соответствующих спектральным базам, стала возможность разработки алгоритмов анализа структур соединений, отбираемых при поиске в спектральных базах данных.

В основе всех проводившихся исследований по анализу результатов спектрального поиска в БД лежит высказанное В.А. Коптюгом предположение о том, что отбираемые при поиске спектрально-родственные соединения в большинстве случаев обладают также и структурным родством. Причем, в отличие от традиционно использовавшихся ранее таблиц спектро-структурных корреляций, с помощью спектрального поиска удаётся извлекать гораздо более детальную информацию об исследуемом соединении.

Работы по извлечению структурной информации из молекулярных спектров, в особенности, масс-спектров, проводились до этого многими научными группами, однако отличительной особенностью работ Центра стал именно анализ результатов спектрального поиска в БД по молекулярным спектрам.

Первыми исследованиями в данной области стали работы сотрудников НИЦ МС Б.Г. Дерендяева, С.А. Нехорошева, В.И. Смирнова, Л.М. Покровского, О.Н. Шараповой, К.С. Лебедева, В.Н. Пиоттух-Пелецкого, В.М. Тормышева по установлению строения органических соединений на основе их масс-спектров низкого разрешения и соответствующей БД по масс-спектрометрии [8–10]. На начальном этапе нужно было разработать алго-

ритм сопоставления масс-спектров, позволяющий отбирать спектры, наиболее похожие на спектр исследуемого соединения. При этом требовалось, чтобы структуры соединений, соответствующие отбираемым таким образом спектрам, также были достаточно похожи на структуру исследуемого соединения. Эта задача была успешно решена, и на основе разработанных алгоритмов была создана система «ИНТЕР-МС» [9–10], позволяющая проводить поиск спектрально-родственных соединений в БД по масс-спектрометрии.

Предложенный способ представления структурной информации в базах данных позволил приступить к работам по реализации структурного и подструктурного поиска, работать над созданием систем структурасвойство с целью прогнозирования путей синтеза соединений заданного свойства. Происходило также осмысление открывшихся возможностей более «интеллектуальной» обработки содержащихся в БД спектральных и структурных данных. Разрабатывались алгоритмы и программы извлечения из результатов спектрального поиска информации о фрагментах структуры исследуемого соединения, программы генерации гипотетических структур из выявленных фрагментов, исследован и программно реализован подход к анализу взаимосвязи строения и свойств соединений на основе предложенного нового метода описания структурных формул с помощью исчерпывающих наборов фрагментов структуры.

Результаты, полученные в НИОХ за 20 лет работы по созданию компьютерных баз данных, кратко описаны в последней работе В.А. Коптюга в области химической информатики: «Some Aspects of Computerized Processing of Structural and Graphical Information in Solution of Chemical Problems», написанной в соавторстве с Б.Г. Дерендяевым и опубликованной в сборнике «Chemical Application in Chemical Research and Educations» в 1989 г.

Став председателем Президиума СО АН, В.А. Коптюг включил в сферу своих интересов не только разработки руководимого им Центра, но и работы по информатике, которые проводились в других институтах СО АН. В статьях и докладах, опубликованных как в СССР, так и за рубежом [11], он упоминает стандарт КАМАК (Computer Application to Measurement, Acquisition and Control) и систему голографической памяти, разработанные в Институте автоматики и электрометрии под руководством Ю.Е. Нестерихина и П.Е. Твердохлеба соответственно; банки данных по первичной и вторичной структуре белков и нуклеиновых кислот и программы моделирования биологических объектов (Институт цитологии и генетики, лаборатория В.А. Ратнера); библиотеку программ для квантовохимических расчетов, собранную в Институте химической кинетики и горения группой П.В. Счастнева.

Большое значение В.А. Коптюг придавал возможности оперативного обмена информацией и опытом в области химической информатики между специалистами разных городов и стран. Под его непосредственным руководством проведено восемь Всесоюзных конференций по использованию вычислительных машин в спектроскопии молекул и химических исследованиях, причем семь из них прошли в Академгородке. Три первых были в ранге семинаров «Использование вычислительных машин в спектроскопии молекул». Конференции проходили с международным участием, на них часто приезжали иностранные коллеги из Польши (З. Хиппе и его сотрудники), Болгарии (Д. Бончев), Югославии (М. Пенка и Д. Зупан), а также венгерские, немецкие и румынские исследователи. Со временем изменялась и тематика конференций. На первых конференциях значительная часть докладов была посвящена автоматизации спектральных экспериментов, использованию ЭВМ для поиска и логической обработки спектральной и структурной информации, а также квантово-химическим расчетам. На последней конференции в 1989 г. были представлены работы по конкретным направлениям химической информатики, таким как создание банков данных по структурам и свойствам химических соединений, установление строения химических соединений по их спектральным характеристикам, средства ввода в ЭВМ, обработки и отображения химических структур, установление связи «структура – свойство» химических соединений, планирование синтеза и анализ химических реакций.

Благодаря энергичной научно-организационной работе В.А. Коптюга деятельность НИЦ МС получила международное признание – уже в 1978 году в Академгородке под эгидой ИЮПАК прошла 4-я Международная конференция по применению ЭВМ в химии и химическом образовании. В Сибири смогли увидеть и услышать ведущих специалистов того времени в области химической информатики. С докладами, в частности, выступали П. Лайкос, П. Джурс, С. Хеллер, Т. Випке, Д. Корнелиус – все из США, Т. Клерк (Швейцария), Ж.-Э. Дюбуа (Франция), Ш. Сасаки (Япония), советские ученые Н.С. Зефирова, Л.А. Грибов, В.А. Дементьев, М.Е. Эляшберг, А.В. Богатский, Н.А. Платэ, Р.Г. Жбанков. После этой конференции ещё совсем молодые сотрудники Центра осознали свою вовлечённость в мировую науку.

Через пять лет в Новосибирске был поведен советско-японский симпозиум по аналогичной тематике, сопредседателями оргкомитета были В.А.Коптюг и Шин-ичи Сасаки. В свою очередь сотрудники Центра выступали с докладами на международных конференциях по химической информатике в Германии, США, Франции, Японии, Китае.

Следует напомнить, что в те времена выезд за рубеж в капиталистическую страну был возможен лишь для тех советских граждан, кто предварительно уже выезжал в социалистическую страну. Для специалистов Центра, благодаря В.А. Коптюгу как руководителю делегации и достаточно влиятельному деятелю коммунистической партии, было сделано исключение – первый выезд за рубеж был на 6-ю международную конференцию по применению ЭВМ в химии и химическом образовании, проходившую в США, в Вашингтоне в 1982 г.



Слева направо: В.А. Коптюг, И.Ф. Михайлова, В.Н. Пиоттух-Пелецкий, М.И. Подгорная и Б.Г. Дерендяев. На втором плане – Белый дом

К началу 80-х годов созданы и опробованы средства телекоммуникационного доступа к базам данных Центра. За 10 лет до появления сетей ИНТЕРНЕТ были проведены сеансы связи с НИОХ СО РАН, включающие спектральный поиск, из Москвы (ВДНХ) и Софии. Эта работа была отмечена медалями ВДНХ.

Примерно в это же время по инициативе Валентина Афанасьевича в НГУ на кафедре органической химии факультета естественных наук была организована специализация «математические методы в химии». Теперь ее назвали бы «химической информатикой» Каждый год по несколько подготовленных на ней выпускников становились стажёрами-исследователями Центра.

А в 1988 г. сотрудники Центра получили персональные компьютеры серии Tandon – с десятков 286-х и две 386-х. И это уже совсем другая история...

Список литературы

1. Дробышев Ю.П., Нигматуллин Р.С., Лобанов В.И., Коробейничева И.К., Бочкарев В.С., Коптюг В.А. Использование ЭВМ для опознавания химических соединений по спектральным характеристикам. Система поисков ИК спектров соединений // Вестн. АН СССР. 1970, №8, с. 75-83.
2. Дробышев Ю.П., Нигматуллин Р.С., Лобанов В.И., Коробейничева И.К., Бочкарев В.С., Коптюг В.А. Использование ЭВМ для опознавания химических соединений по спектральным характеристикам. 2. Машинная система поиска ИК спектров по каталогу Садтлера // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук. 1972, №2, вып. 1, с. 108-114.
3. Бочкарев В.С., Дробышев Ю.П., Коптюг В.А., Коробейничева И.К., Лобанов В.И., Нигматуллин Р.С., Машинная информационно-поисковая система для электронной спектроскопии // Автометрия 1972, №4, с. 124-130.
4. Бархаш В.А., Соколов С.П., Секерина Л.Ф., Дробышев Ю.П., Коптюг В.А. Машинная система определения структурных фрагментов неизвестных соединений по спектрам ПМР // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук. 1974, №14, вып. 6, с. 113-114.
5. Коптюг В.А., Бочкарев В.С., Дерендяев Б.Г., Нехорошев С.А., Пиоттух-Пелецкий В.Н., Подгорная М.И., Ульянов Г.П. Использование ЭВМ при решении структурных задач органической химии методами молекулярной спектроскопии // Ж. структур. химии. 1977, т. 18, №3, с. 440-459.
6. Ульянов Г.П., Маслов А.Р., Дерендяев Б.Г., Пиоттух-Пелецкий В.Н., Коптюг В.А. ЭВМ и решение аналитических задач органической химии // Вестн. АН СССР. 1978, №3, с. 32-44.
7. G.P.Ulyanov, V.N.Piotukh-Peletsy, B.G.Derendyaev, M.I.Podgornaya, V.A.Koptuyg. Creation and Capabilities of Computerized Data Banks Containing Information on Chemical Structures and Properties // Data for science and technology. Proc. 1980. Oxford, 1981.
8. Б.Г.Дерендяев, Л.М.Покровский, С.А.Нехорошев, В.И.Смирнов, В.А.Коптюг. Машинная информационно-поисковая система для масс-спектрометрии // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук. 1977, №4, вып. 2, с. 109-115.
9. Лебедев К.С., Тормышев В.М., Шарапова О.Н., Мамаева Н.В., Дерендяев Б.Г., Коптюг В.А. Извлечение структурной информации из масс-спектров с помощью ЭВМ. 2. Система «ИНТЕР-МС». Использование сведений о массовых числах и интенсивностях спектральных линий // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук. 1980, №4, вып. 2, с. 54-64.
10. Лебедев К.С., Дерендяев Б.Г., Пиоттух-Пелецкий В.Н., Коптюг В.А. Извлечение структурной информации из масс-спектров с помощью ЭВМ. 5. Машинный анализ набора структур, отобранных по масс-спектрометрическим характеристикам, с целью выделения общих для них структурных фрагментов // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук. 1982, №2, вып. 2, с. 105-114.
11. V.A.Koptuyg. Computers in Chemical Research at the Novosibirsk Scientific Centre // Computer Application in Chemistry. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1983, P. 207-224.

Троичная ЭВМ «Сетунь 70»

Брусенцов Н.П., Рамиль Альварес Х.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
ramil@cs.msu.su

A Ternary Computer «Setun' 70»

Brusentsov N., Ramil' Alvares J.
M.V. Lomonosov Moscow State University

На основе положительного опыта первой троичной машины «Сетунь» [1] в НИВЦ МГУ был разработан и в 1970 году построен опытный образец нового троичного миникомпьютера «Сетунь 70» [2, 3]. Стремление повысить компактность представления программ и создать благоприятные условия для оптимальной компиляции привело к использованию в качестве машинного языка польской инверсной записи (ПОЛИЗ). В архитектуре «Сетуни 70» нет традиционного понятия машинной команды как слова, содержащего код операции и адреса операндов. Программа представляет собой последовательность трайтов-операндов и трайтов-операций.

Адресуемой единицей памяти является слог (трайт) из 6 тритов. Память 1-го уровня машины разбита на 27 страниц по 81 трайту в каждой: 9 страниц оперативной памяти (ОЗУ) и 18 страниц постоянной памяти (ПЗУ). Обмен между памятью 1-го уровня и памятью 2-го уровня на магнитном барабане производится постранично (запись и считывание), объем магнитного барабана составляет 243 страницы.

Использование ПОЛИЗа как машинного языка потребовало реализации магазинной памяти (стека). Адресные слоги управляют пересылкой данных из памяти 1-го уровня в стек, операционные – преобразованием значений в стеке и пересылкой данных из стека в оперативную память. Операции выполняются над вершиной стека (последним значением в стеке) и, возможно, над подвершиной (предпоследним значением стека) или одним из регистров машины. Одна позиция стека содержит три трайта, таким образом, в странице помещается 27 позиций стека. Номер страницы ОЗУ, которая используется под стек, и номер позиции вершины стека указываются в регистре Р (ph и pa, соответственно).

В «Сетуни 70» применена косвенная адресация. Имеются три регистра приписки (Н1, Н2, Н3), значения которых есть номера страниц памяти 1-го уровня, доступных для чтения и записи (только ОЗУ). Возможна пересылка в стек и из стека значений длиной в один, два или три трайта. При засылке в стек одного трайта или двух трайтов производится дополнение справа недостающих трайтов нулями. При засылке из стека в ОЗУ производится запись требуемого числа трайтов из первых слева трайтов стека.

Адресный слог имеет вид

k1	k2	ka
1	2	3 ... 6

где k1 – длина данного, k2 – регистр приписки, ka – адрес старшего трайта данного.

Имеются три режима работы машины: режим пользователя, режим макрооперации и режим прерывания. В регистр машины (С) указывается текущий режим работы (c1), номер страницы выполняемой программы (ch) и номер выполняемого слога в этой странице (ca).

В машине «Сетунь 70» различаются два уровня операции: аппаратно реализуемые и макрооперации. Аппаратно реализуемые операции бывают двух типов: 27 основных операций, выполнение которых разрешено в любом режиме, и 27 служебных, выполнение которых в режиме пользователя запрещено. Макрооперации разрешены только в режиме пользователя. При выполнении макрооперации устанавливается режим макрооперации и происходит переход на соответствующую подпрограмму, расположенную в постоянной памяти.

Операционный слог имеет вид

0	0	k3	ko
1	2	3	4 ... 6

где k3 – вид операции: -1 – макрооперация, 0 – основная, 1 – служебная; ko – код операции.

Система прерываний позволяет обнаруживать в программе особые ситуации (исчерпание или переполнение страницы стека, захват адресным слогом следующей страницы, запрещенный слог, исчерпание страницы программы) и получения сигналов от внешних устройств (памяти 2-го уровня, устройства ввода/вывода). При возникновении прерывания включается соответствующий режим, производится переключения стека операндов и переход на подпрограммы обработки прерывания.

Прерывания от сигналов внешних устройств позволяют повысить эффективность выполнения программ за счет сокращения простоя процессора при обмене информацией с этими устройствами.

Несмотря на то, что программная надстройка, использование которой предполагалось при создании машины, не была осуществлена, «Сетунь 70» удалось эффективно использовать в деле, специфика которого не была

учтена в процессе разработки, а именно, в автоматизированной системе обучения [4]. При разработке программного оснащения системы обучения трудности составления и отладки значительно увеличились вследствие программирования на языке машины и из-за страничной организации памяти. Стремясь уменьшить трудоемкость и повысить эффективность программистского труда, мы стали внедрять в практику нашей работы структурированное программирование [5]. Однако управляющие команды машины плохо соответствовали операторам управления, используемым в структурированных программах, и поэтому машинная эффективность этих программ получалась низкой. Решили перестроить архитектуру машины применительно к требованиям структурированного программирования, чтобы структурированные программы могли стать машинно-эффективными [6].

Архитектура «Сетуни 70» оказалась исключительно благоприятной для указанной перестройки. Вместо неиспользовавшихся в программном оснащении системы обучения команд $E=0$, $E+1$, $E-1$ и $T=C$ были введены операционные трайты, позволяющие конструировать следующие команды:

JSR A – вызов подпрограммы-процедуры A;

BRT A1 A2 A3 – альтернативный вызов одной из трех процедур в зависимости от знака значения вершины стека операндов;

DOW A – циклический вызов процедуры A, пока текущее значение вершины стека не равно нулю.

Адреса процедур в этих командах (A, A1, A2 и A3) имеют вид:

ch	ca
1 2	3 ... 6

т.е. процедуры могут находиться только в страницах оперативной памяти.

Имевшийся в машине аппарат упрятывания и восстановления значения программного счетчика, рассчитанный на три состояния: счетчик программы, счетчик макрооперации и счетчик обработки прерывания, был расширен в стек адресов возврата, содержащий 26 позиций, что обеспечивает значительную глубину вложенности процедур. Процедура заканчивается служебной операцией возврата (RMC), восстанавливающей программный счетчик значением вершины стека возврата. Вследствие этого основным режимом машины стал режим макроопераций.

Правила работы с регистром H2 были изменены: по нему всегда доступна страница (ch), в которой находится выполняемый в данный момент трайт. Это значительно облегчило доступ к необходимым константам программы. В Приложении приведены таблицы основных и служебных операций измененной машины. При описании операций использованы обозначения из работы [2].

Процедурное программирование, реализованное на измененной машине «Сетунь 70», на практике подтвердило заявленные Дейкстрой преимущества его метода: трудоемкость создания программ сократилась в 5–7 раз благодаря исключению традиционной «отладки» тестированием на конкретных примерах, причем программы обрели надлежащую надежность, упорядоченность, понятность и модифицируемость.

Базовое программное оснащение модифицированной машины «Сетунь 70» [7] включает операционную систему, редактор текстов, ассемблер и комплекс сервисных программ. Операционная система обеспечивает начало работы, организацию обмена информацией с внешней памятью, реализацию аппарата макроопераций и реакцию на прерывания. Начало работы означает загрузку первой страницы программы с перфоленты или с магнитного барабана. В ОС реализованы средства динамической отладки, задаваемые программистом при выполнении программы, и средства статической отладки, задаваемые непосредственно в программе. Операционная система расположена в постоянной памяти и занимает 10 страниц.

Редактор текстов позволяет вводить текст с пишущей машинки или с перфоленты; вносить в текст изменения, удалять, переставлять и вставлять строки текста; выводить текст на пишущую машинку или на перфоленту для дальнейшего использования. Ассемблер «Сетуни 70» предназначен для составления только структурированных программ. За счет некоторых ограничений на текст программы удалось создать однопроходный ассемблер. Комплекс сервисных программ использует магнитный барабан для хранения отлаживаемой программы, что позволяет один раз ввести программу с перфоленты, а при многократных выполнениях программы в процессе отладки загружать ее с магнитного барабана. С помощью комплекса можно вносить изменения в программу на языке машины, распечатывать или задавать значения рабочих величин.

Основным использованием машины «Сетунь 70» стала автоматизированная система обучения «Наставник» [4]. Для этого к машине был подключен класс с 27 терминалами учащихся. Программное оснащение «Наставника» позволяет проводить:

- групповое обучение учащихся различным предметам по печатным материалам в формате «Наставника»;
- автоматизированные коллоквиумы, экзамены и контрольные работы;
- проверки умений в режиме контроля или самопроверки;
- подготовку управляющей информации для выполнения вышеуказанных действий;
- обработку результатов, полученных при обучении, экзаменах и тестах, для совершенствования учебных материалов.

Особое место занимает применение аппаратуры «Наставника» для проведения автоматической диагностики цветового зрения, осуществленное совместно с кафедрой психофизиологии психологического факультета

МГУ под руководством профессора Е.Н. Соколова. Аппаратура «Наставника» была доукомплектована цветным телевизором, управляемым компьютером. Система выдавала на телевизор стимул в виде двух световых сигналов различного цвета, а испытуемый оценивал по девятибалльной шкале различия в каждом стимуле, сообщая системе свои оценки нажатием соответствующей клавиши на клавиатуре терминала. Обработка полученных на протяжении получаса данных позволяла построить объективные характеристики цветового зрения каждого из испытуемых [8].

Многолетнее использование системы «Наставник» в учебном процессе подтвердило надежность машины «Сетунь 70» и ее программного оснащения.

Двухстековая архитектура и процедурное программирование «Сетуни 70» послужили основой диалоговой системы структурированного программирования ДССП, реализованной на двоичных компьютерах [9].

Список литературы

12. Брусенцов Н.П., Маслов С.П., Розин В.П., Тишулина А.М. Малая цифровая вычислительная машина «Сетунь» – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1965. 145 с.
13. Брусенцов Н.П., Жоголев Е.А. Структура и алгоритм функционирования малой вычислительной машины // Вычислительная техника и вопросы кибернетики. Вып. 8. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1971. С. 34-51.
14. Брусенцов Н.П., Жоголев Е.А., Маслов С.П. Общая характеристика малой цифровой машины «Сетунь-70» // Вычислительная техника и вопросы кибернетики. Вып. 10. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. С. 3-21.
15. Брусенцов Н.П., Маслов С.П., Рамиль Альварес Х. Микрокомпьютерная система обучения «Наставник». – М.: Наука, Физматлит, 1990. 223 с.
16. Дал У., Дейкстра Э., Хоор К. Структурное программирование. – М., "Мир", 1975.
17. Брусенцов Н.П., Рамиль Альварес Х. Структурированное программирование на малой цифровой машине // Вычислительная техника и вопросы кибернетики. Вып. 15. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. С. 3-8.
18. Рамиль Альварес Х. Базовое программное оснащение ЦМ "Сетунь 70" // Вычислительная техника и вопросы кибернетики. Вып 17. 1981. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. С. 22-26.
19. Брусенцов Н.П., Соколов Е.Н., Зимачев М.М., Измайлов Ч.А., Маслов С.П. Рамиль Альварес Х. Автоматизированная диагностика цветового зрения // Психологический журнал, Т. 1, № 3, 1980. С. 58-84.
20. Брусенцов Н.П., Златкус В., Руднев И.А. ДССП – диалоговая система структурированного программирования // Программное оснащение микрокомпьютеров. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. С. 11-40.

Приложение

Таблица 1. Основные операции

Название	Трайт	Описание
LST	000---	$x[1:18] := S$; $x[19:36] := Y$; $x := x * 3 \uparrow t$; $S := x[1:18]$; $Y := x[19:36]$; INCRC; $pa := pa-1$
COT	000--0	$x[1:18] := T$; if $x[1] \neq 0$ then $ca := t$ else INCRC; $pa := pa-1$
XNN	000--+	$x[1:18] := T$; $x[19:36] := Y$; if $x[1] \neq 0$ then begin $i := 1$; $x := x/3$ end else begin for $i := 0$ step -1 until -34 do if $x[2] \neq 0$ then go to EX else $x := x * 3$; $i := 0$ end else ; EX: $e := e+i$; $T := x[1:18]$; $Y := x[19:36]$; INCRC
DOW	000-0-	if $T \neq 0$ then SUBR ($ca+1$, ca) else begin INCRC; INCRC end
BRT	000-00	INCRC; if $T < 0$ then $z := a$ else if $T = 0$ then $z := a+1$ else $z := a+2$; SUBR (z , $ca+3$); $pa := pa-1$
JMP	000-0+	$z := T$; $pa := pa-1$; $c[1:4] := z[3:6]$; $c[5:8] := z[9:12]$
T-E	000-+-	$T := T - e * 3 \uparrow 12$; INCRC
E=T	000-+0	$e := t$; INCRC; $pa := pa-1$
T+E	000-++	$T := T + e * 3 \uparrow 12$; INCRC
CLT	0000--	if $S < 0$ then $ca := t$ else INCRC; $pa := pa-1$

CET	0000-0	if S=0 then ca := t else INCRC; pa := pa-1
CGT	0000-+	if S>0 then ca := t else INCRC; pa := pa-1
JSR	00000-	INCRC; SUBR (ca, ca+1)
R=T	000000	R := T; INCRC; pa := pa-1
C=T	00000+	ca := t; pa := pa-1
T=W	0000+-	k := t; REFSYL
YFT	0000+0	Y := 0; INCRC; pa := pa-1
W=S	0000++	k := t; if c□1 & ka+k1+1>40 then begin w := -29; go to IR end ; if abs(h[k2])≤4 then m[h[k2], ka: ka+k1+1] := m[ph,3*(pa-1)-1:3*(pa-1)+k1] ; INCRC; pa := pa-1
SMT	000+--	x[1:18] := T; z := S; for i := 1 step 1 until 18 do z[i] := z[i]*x[i]; S := z; INCRC; pa := pa-1
Y=T	000+-0	Y := T; INCRC; pa := pa-1
SAT	000+--	x[1:18] := T; z := S; for i := 1 step 1 until 18 do if z[i]=0 then z[i] := x[i] else if z[i]≠x[i] & x[i]≠0 then z[i] := 0; S := z; INCRC; pa := pa-1
S-T	000+0-	S := S-T; INCRC; pa := pa-1
TDN	000+00	T := -T; INCRC
S+T	000+0+	S := S+T; INCRC; pa := pa-1
LBT	000++-	x[1:18] := S; x[19:36] := 0; x := x+T*R*3 [↑] 2; S := x[1:18]; Y := x[19:36]; INCRC; pa := pa-1
L*T	000++0	R := S; x := T*R*3 [↑] 2; S := x[1:18]; Y := x[19:36]; INCRC; pa := pa-1
LHT	000+++	x[1:18] := S; x[19:36] := Y; x := x+T*R*3 [↑] 2; S := x[1:18]; Y := x[19:36]; INCRC; pa := pa-1

Пояснения к таблице 1

REFSYL реализует слог-ссылку.

INCRC осуществляет последовательное увеличение са с проверкой выхода за пределы страницы.

Регистр приписки H2 всегда указывает на CH – страницу программы.

В алгоритм описания машины “Сетунь 70” [2] надо добавить следующие описания массивов:

ternary array SR[-13:13, 1:12], psr[1:3]

(SR[-13:13, 1:12] – страница стека возвратов, а psr[1:3] – указатель окна стека возвратов)

и в спецификацию массивов

TST ~ SR[psr, 1:12] – окно стека возвратов.

procedure SUBR (adr, ret); **ternary** ret. adr;

comment SUBR – переход на подпрограмму adr с запоминанием возврата ret;

begin

if ret>40 **then begin** w := -29; **go to** IR **end**;

z := 0; z[3] := c1; z[5:6] := ch; z[9:12] := ret;

psr := psr+1; TSR := z;

x := m[ch, ca]; ch := x[1:2]; ca := x[3:6]

end SUBR;

Если в названии операции последняя буква Т, после выполнения операции происходит удаление позиции в стеке.

Таблица 2. Служебные операции

Название	Трайт	Описание
CG1	00+---	TRANSIN(-1); INCRC
CG2	00+--0	TRANSIN(0); INCRC
CG3	00+--+	TRANSIN(1); INCRC
CF1	00+-0-	COPY (-1); INCRC; pa:=pa-1
CF2	00+-00	COPY (0); INCRC; pa:=pa-1
CF3	00+-0+	COPY (1); INCRC; pa:=pa-1
LQ1	00+-+-	z:=T; q[-1]:=z[5:12]; SUIT(-1); INCRC; pa:=pa-1
LQ2	00+-+0	z:=T; q[0]:=z[5:12]; SUIT(0); INCRC; pa:=pa-1
LQ3	00+-++	z:=T; q[1]:=z[5:12]; SUIT(1); INCRC; pa:=pa-1
CP	00+0--	z:=0; z[5:6]:=ph; z[9:11]:=pa T:=z; INCRC
EXP	00+0-0	z[1:5]:=p[1:5]; p[1:5]:=p[6:10]; p[6:10]:=z[1:5]; INCRC
LP	00+0-+	z:=T; ph:=z[5:6]; pa:=z[9:11]; INCRC
CMC	00+00-	z := 0; z[1:12] := TSR; T := z; INCRC
RMC	00+00+	z := TSR; psr := psr-1; c[1:4] := z[3:6]; c[5:8] := z[9:12]
LMC	00+00+	z := T; psr := psr+1; TSR := z[1:12]; INCRC; pa:=pa-1
LH1	00+0+-	z:=T; h[-1]:=z[4:6]; INCRC; pa:=pa-1
LH3	00+0+0	z :=T; h[0]:=z[4:6]; INCRC; pa:=pa-1
LH2	00+0++	z :=T; h[1]:=z[4:6]; INCRC; pa:=pa-1
LU1	00++--	u[-1,1:4] :=t; a[-1]:=1; INCRC; pa:=pa-1
LU2	00++-0	u[0,1:4] :=t; a[0]:=1; INCRC; pa:=pa-1
LU1	00++-+	u[1,1:4] :=t; a[1]:=1; INCRC; pa:=pa-1
LF1	00++0-	LOAD(-1); INCRC; pa:=pa-1
LF2	00++00	LOAD(0); INCRC; pa:=pa-1
LF3	00++0+	LOAD(1); INCRC; pa:=pa-1
LG1	00+++-	TRANSOUT(-1); INCRC; pa:=pa-1
LG2	00+++0	TRANSOUT(0); INCRC; pa:=pa-1
LG3	00++++	TRANSOUT(1); INCRC; pa:=pa-1

Пояснения к таблице 2

COPY(i) считывает страницу q(i) памяти 2-го уровня в страницу оперативной памяти, номер которой определяется t; LOAD(i) записывает в страницу q(i) памяти 2-го уровня страницу памяти 1-го уровня, номер которой определяется t; SUIT(i) осуществляет поиск страницы q(i) в памяти 2-го уровня.

procedure TRANSIN(i);

comment TRANSIN(i) передает в T значение g(i), преобразуя двоичное значение g(i) в троичный код;

begin T := 0;

if g[i,7] = 1 **then** t := g[i,1:6] **else** t := -g[i,1:6]

end TRANSIN;

procedure TRANSOUT(i);

comment TRANSOUT(i) передает в g(i) значение t, преобразуя троичное значение t в двоичный код;

begin x[1:6] := t; g[i,7] := 1; g[i,1:6] := 0;

for k := 1 **step** 1 **until** 6 **do**

if x[k] ≠ 0 **then begin** g[i,k] := 1; **if** x[k] = -1 **then** g[i,7] := 0 **end**

end TRANSOUT;

Проект КЛАСТОС

Бурдонов И.Б., Иванников В.П., Косачев А.С.
Институт системного программирования РАН
ivan@ispras.ru

The KLASTOS Project

Burdonov I., Ivannikov V., Kosachiov A.
Institute for System Programming RAS

1. Введение

Объектная ориентация сегодня является общим свойством программистской культуры. Она стала глобальным подходом к построению программных систем, интегрировав базисные идеи, исторически возникшие в разных областях программирования – от языков до операционных систем и баз данных. Мы пришли к объектно-ориентированному подходу, прежде всего, как разработчики операционных систем, что наложило свой отпечаток на наше понимание объектной ориентации: ее целей, проблем и способов их решения.

С начала 70-х годов в течение 10 лет мы занимались большими программными системами – как непосредственной разработкой и реализацией таких систем, так и проектированием средств для создания прикладных систем такого рода. Речь идет о проекте АС-6, в рамках которого создавались операционные системы для нескольких ЭВМ в локальной сети с единой распределенной системой управления внешними устройствами и линиями связи, распределенные информационные системы и распределенные прикладные системы управления космическими объектами.

Общими чертами всех этих систем было наличие большого количества асинхронно выполняемых процессов, управляющих сложными внешними объектами и обменивающимися информацией между собой. Управление этими процессами, их синхронизация, организация взаимодействия между ними, обеспечение защиты, надежности и живучести системы в целом, миграция программ с одной платформы на другую, повторное использование созданных ранее программ – вот основные проблемы, с которыми пришлось столкнуться в этой работе.

Анализируя накопленный опыт, мы сформулировали для себя две фундаментальные проблемы: проблему функционирования сложных многокомпонентных программных систем и проблему создания (проектирования и программирования) таких систем.

«Идеальная» среда функционирования – это такая среда, которая для компонентов сложной программной системы обеспечивает не только эффективные средства взаимодействия, но и максимальную асинхронность и защиту:

- независимое и асинхронное выполнение компонентов (с учетом их приоритетов и квантованием процессорного времени для равноприоритетных компонентов);
- отсутствие общей памяти, защищенность памяти каждого компонента от доступа других компонентов;
- взаимный обмен между компонентами данными, передаваемыми по значению (сообщениями), с их буферизацией вне компонентов для обеспечения полной асинхронности выполнения и с возможностью для каждого компонента самостоятельно управлять потоком получаемых им сообщений;
- возможность установления статических и динамических связей между компонентами любой требуемой конфигурации с одновременным жестким контролем санкционированности доступа одного компонента к другому.

Впоследствии такие среды функционирования служб ОС, как компонентов сложных систем, получили название *микроядер* ОС. В дальнейших рассуждениях мы будем использовать этот термин.

«Идеальная» среда разработки программных систем должна обеспечивать:

- поддержку различных методологий проектирования («снизу вверх», «сверху вниз» и смешанную);
- спецификацию взаимодействия, отделенную от реализации;
- зависимость программирования компонента только от спецификации его взаимодействий;
- статическое связывание компонентов в систему с возможностью явного проведения связей и контроля типов;
- повторную используемость (без циклов «редактирование – компиляция») как атомарных компонентов, так и сконструированных систем в качестве компонентов систем более высокого уровня;
- быстрое прототипирование с возможностью автоматического встраивания средств отладки и трассирования;
- управление версиями;
- документируемость на всех этапах и уровнях разработки.

В терминах сегодняшнего дня можно сказать, что эти свойства сред функционирования и разработки программных комплексов соответствуют общим критериям объектно-ориентированного подхода. Ниже мы постараемся указать на особенности проекта КЛАСТОС и обосновать выбор решений. В отличие от других работ в области объектной ориентации (например, Smalltalk) проект КЛАСТОС исторически и логически развивался от разработки наиболее эффективных механизмов среды функционирования объектов к языкам программирования и проектирования таких объектов. В соответствии с этим и построено наше дальнейшее изложение.

2. Операционная система как среда функционирования сложных программных комплексов

Базовый объект, поддерживаемый микроядром, получил у нас название *кластер*. Его основные свойства:

- *полная инкапсуляция* – кластер обладает собственным защищенным адресным пространством;
- кластер – это *активный объект*, обладающий одним потоком управления;
- *обмен сообщениями* – кластер вызывает операцию в другом кластере, посылая сообщение на соответствующий операции вход (приемный порт) кластера.

Микроядро предоставляет кластерам минимальный набор системных вызовов, называемых *примитивами*.

Базовая модель взаимодействия

Существуют три модели взаимодействия, основанные на обмене сообщениями:

- 1) посылка сообщения без ожидания подтверждения приема;
- 2) посылка сообщения с ожиданием подтверждения приема;
- 3) посылка сообщения с получением ответного сообщения (синхронный вызов удаленной процедуры).

Анализируя эти модели, мы исходили из критерия максимальной асинхронности работы кластеров. Во второй и третьей моделях возможна блокировка текущего потока управления, и для полной асинхронности требуется наличие нескольких потоков управления в одном объекте. Мы отказались от поддержки нескольких потоков управления над общей памятью по той причине, что, во-первых, это может являться источником трудно обнаруживаемых ошибок, а, во-вторых, накладные расходы на синхронизацию, необходимую при работе с общей памятью, не существенно меньше накладных расходов на обмен сообщениями. Поэтому в качестве базовой нами была выбрана первая модель взаимодействия, что потребовало организации в микроядре промежуточной *буферизации сообщений*.

По причине отказа от блокировки потока управления мы предпочли *двухточечную схему взаимодействия*, поскольку схема широковещания эффективна только, если рассматривается как атомарное действие, включающее одновременную доставку (или не доставку) сообщения всем адресатам.

Синхронизация

При наличии только одного потока управления в кластере и отсутствии общих данных между кластерами синхронизация сводится к управлению выборкой сообщений, поступивших к кластеру и буферизованных микроядром. Сообщение соответствует вызову операции в объекте и адресуется *входу* (приемному порту) кластера, ассоциированному с операцией. Управление выборкой сообщений осуществляется самим кластером указанием набора входов, по которым ожидается прием сообщения, или, иными словами, набора операций, которые объект может выполнять в данном состоянии. Для обеспечения хронологии сообщений микроядро буферизует их в *очередях* кластера, причем, если важен порядок прихода сообщений, адресованных разным входам, такие сообщения накапливаются в одной очереди.

Управление доступом

Исходя из критерия максимальной защиты, мы стремились обеспечить защищенность не только памяти, но и входов кластера от несанкционированного доступа. В качестве защищенной единицы доступа выбран не один вход (одна операция), а определенная статически *группа входов* (набор операций) кластера. Забегая вперед, можно сказать, что такой набор операций соответствует интерфейсу объекта с клиентом. Тип интерфейса аналогичен той части определения класса, которая специфицирует взаимодействие с объектом и соответствует понятию абстрактного типа данных в языках без механизма наследования (CLU, ADA).

Кластер может реализовывать не одну, а несколько групп входов (предоставлять несколько интерфейсов), не одновременно доступных клиентам. Сам доступ реализуется как вспомогательный объект микроядра, называемый *подключением* (к группе входов). Кластер, реализующий группу входов подключения, называется *кластером-сервером*. У подключения может быть только один владелец, называемый *кластером-клиентом*, которому разрешено посылать сообщения на входы (вызывать операции) соответствующей группы.

Подключения могут динамически создаваться и уничтожаться кластером-сервером. Подключение может быть передано другому кластеру в сообщении – как параметр вызова операции в кластере. Передача подключений производится под контролем микроядра, которое проверяет право владения подключением и меняет его владельца после передачи. Этим аппарат подключений отличается от аппарата мандатов, в котором при передаче мандата другому объекту права по доступу, как правило, сохраняются у передающего объекта.

Кластер может лишиться права владения подключением также в результате посылки сообщения на некоторые выделенные входы группы, называемые *входами отстройки* и семантически соответствующие операциям завершения транзакции клиент-сервер (операциям отстройки). Например, операция закрытия файла прекращает для клиента доступ к операциям чтения/записи файла. При вызове операции отстройки подключение передается как неявный параметр и его владельцем становится кластер-сервер.

К одной своей группе входов сервер может создать несколько подключений и передать их разным клиентам. Микроядро предоставляет серверу средства различения клиентов при выборке сообщений от них, идентифицируя подключение, через которое сообщение посылается. Кроме того, сервер может задать *селективный прием сообщения* только от указанного клиента (идентифицируемого подключением).

Некоторыми подключениями кластер может владеть "с самого начала" – они появляются в момент загрузки кластера. Эти подключения описываются статически на этапе компоновки, рассматриваемой в разделе 3. Через статические подключения возможен доступ только к тем группам входов, которые при программировании сервера были определены как *статические группы входов*. Например, у кластера файла статической является лишь группа операция открытия файла.

Таким образом, описанные средства работы с подключениями обеспечивают возможность установления полностью защищенных межкластерных связей любой требуемой конфигурации и ее динамическое изменение.

Базовые примитивы (системные вызовы) микроядра

Описанные выше средства взаимодействия, синхронизации и управления доступом предоставляются пользователям (кластерам) как набор четырех базовых примитивов (системных вызовов) микроядра:

1. SEND – примитив отправки сообщения.

Параметры:

- подключение, через которое посылается сообщение;
- номер входа в группе входов подключения;
- параметры операции, ассоциированной с указанным входом.

2. ACCEPT – примитив приема сообщения.

Параметры:

- список входов, по которым ожидается прием сообщений;
- подключение (указывается для селективного приема сообщения от одного клиента).

Существуют две модификации примитива: с блокировкой кластера до поступления нужного сообщения и без блокировки.

3. NEWCON – примитив создания подключения.

Параметры:

- - группа входов кластера.

4. DELCON – примитив уничтожения подключения.

Параметры:

- - уничтожаемое подключение.

Удаленная процедура и модель клиент-сервер

Хотя микроядро реализует чисто асинхронную модель взаимодействия (send/receive), во многих приложениях часто бывает удобным использование удаленных процедур. Следует различать удаленную процедуру как базовый механизм взаимодействия и как *вид интерфейса*, предполагающий получение обратных параметров. Такой вид интерфейса реализуется с помощью базовых средств определенной дисциплины работы клиента и сервера (которая может быть скрыта поддержкой языка времени исполнения):

1. Клиент определяет у себя специальную *обратную* группу входов для приема *обратного* сообщения от сервера, содержащего *обратные* параметры удаленной процедуры. Такая *обратная* группа входов состоит из одного *обратного* входа отстройки.

2. Когда клиент посылает серверу *прямое* сообщение на вход вида удаленная процедура, в число *прямых* параметров процедуры добавляется *обратное* подключение к *обратной* группе входов клиента.

3. Сервер, получив от клиента *прямое* сообщение на вход вида удаленная процедура и выполнив соответствующую этому входу операцию, посылает клиенту через *обратное* подключение *обратное* сообщение, содержащее *обратные* параметры процедуры. (Поскольку *обратный* вход является входом отстройки, *обратное* подключение возвращается от сервера к клиенту.)

В системе КЛАСТОС для организации программного обеспечения, оставшегося за чертой микроядра, используется модель клиент-сервер, общепринятая в системах с микроядерной архитектурой. Сервисы системы реализуются кластерами-серверами. Кластер-клиент посылает сообщение-запрос серверу, сервер выполняет работу и отправляет сообщение-ответ. Интерфейс клиента и сервера, таким образом, организован как вызов удаленной процедуры.

Сегментная организация памяти

КЛАСТОС – это система, основанная на обмене сообщениями между объектами, не имеющими общей памяти. Для того, чтобы избежать излишних накладных расходов, связанных с передачей больших массивов информации в сообщениях (перепись из памяти одного кластера в память другого кластера), вводится сегментная организация памяти. Сегмент – это еще один (наряду с подключением) вспомогательный объект, поддерживаемый микроядром. При передаче сегмента как параметра операции он изымается из виртуальной памяти кластера-клиента и при приеме сообщения помещается в виртуальную память кластера-сервера. Разумеется, это требует соответствующей аппаратной поддержки (аппаратура приписки).

Память кластера – это набор сегментов, два из которых (сегмент кода и сегмент статических данных и стека) кластер не может передавать как параметр операции. Управление сегментами может осуществляться специальным кластером-сервером, предоставляющим операции запроса, отказа и копирования сегментов. В последней версии микроядра для повышения эффективности эти операции реализованы как примитивы (системные вызовы).

В некоторых случаях для повышения эффективности микроядро допускает отступление от общего принципа отсутствия общих данных, предоставляя механизм разделяемых сегментов. При передаче разделяемого сегмента он остается в виртуальной памяти кластера-клиента. Множество кластеров, которым разрешается разделять сегмент, статически ограничивается.

При копировании и передаче разделяемых сегментов используется механизм «copy-on-write».

Базовые серверы

Базовые службы операционной системы, обеспечивающие создание и уничтожение объектов (кластеров) и управление устройствами ввода/вывода и внешней памяти, реализуются кластерами-серверами непосредственно над микроядром.

Создание объектов (динамическая загрузка) выполняется кластером-загрузчиком. Эта операция трактуется в КЛАСТОС как отложенная компоновка составного объекта и будет рассмотрена ниже при описании среды разработки программных систем.

При уничтожении кластера сервер-ликвидатор, помимо уничтожения сегментов памяти и подключений к группам входов кластера, выполняет оповещение всех кластеров, к группам входов которых уничтожаемый кластер имел доступ, об аварийной ликвидации кластера. Для этого через каждое подключение, владельцем которого является уничтожаемый кластер, посылается сообщение (без параметров) на специальный входстройки, имеющийся в каждой группе входов.

Если есть простой защищенный способ доступа к необходимым командам и портам внешнего устройства, причем в режиме пользователя, нет причин помещать драйвер устройства в микроядро. Такой драйвер реализуется кластером-сервером. Степень привилегированности такого кластера определяется степенью привилегированности доступа к командам и портам ввода/вывода. Прерывание от устройства интерпретируется микроядром как сообщение, перенаправляемое им к соответствующему входу кластера-драйвера устройства.

Два оптимизационных трюка

Частным, но распространенным случаем сообщения является сообщение без параметров – *сигнал* (например, внешнее прерывание). Для эффективной реализации передачи таких сообщений микроядром поддерживается специальный вид входов кластеров. Очередь сообщений к таким входам редуцируется до простого счетчика числа сообщений. Разумеется, информация о клиенте, передавшем сообщение, теряется.

Забегая вперед, скажем, что в проекте КЛАСТОС спецификации интерфейсов отделены от реализации. Это облегчает реализацию опосредованной коммуникации – использование объектов-посредников как «клея» между несовместимыми объектами. Частым случаем является ситуация, когда часть операций специфицированного интерфейса реализуется одним кластером (посредником), а часть – другим кластером. В целях оптимизации микроядро поддерживает *механизм несобственных входов* в группе входов кластера. Сообщение, направляемое к несобственному входу кластера-посредника, автоматически перенаправляется микроядром на вход другого кластера через подключение, владельцем которого является посредник. При создании подключения к группе входов кластера-посредника примитивом **NEWCON** для каждого несобственного входа указывается на какой вход и через какое подключение перенаправлять сообщения.

Нарастиваемость системы

Выше мы набросали общие контуры нижнего уровня операционной системы как среды функционирования сложных программных комплексов – микроядро и базовые серверы. Конечно, за рамками нашего изложения остались многие детали реализации и функции этого уровня. Над этим уровнем располагаются серверы вышележащих уровней, реализующих файловую систему, управление задачами, СУБД, системы программирования и разработки и т.п.

Как прикладная система строится и система эмуляции операционной системы UNIX. Нами были опробованы два подхода к эмуляции. На первом этапе мы реализовали библиотеку базовых системных вызовов UNIX'a, достаточных для работы SHELL'a. Перенос программ осуществлялся путем перекомпиляции. Затем начал строиться эмулятор, обеспечивающий двоичную совместимость программ, исходные тексты которых недоступны. Этот эмулятор основан на перехвате системных вызовов (trap'ов) UNIX'a микроядром и перенаправлении их в эмулятор.

Распределенность

Основные свойства базовых объектов КЛАСТОС – асинхронность, отсутствие общей памяти, взаимодействие путем передачи сообщений – позволяют без перекомпиляции организовывать распределенные системы. В сетевом варианте доступ кластера-клиента к группе входов кластера-сервера, расположенного в другой машине, реализуется цепочкой:

подключение клиента к кластеру-делегату (посреднику) – кластер-делегат – подключение к сетевой службе – сетевая служба – межмашинная сетевая среда – сетевая служба – подключение к кластеру-делегату – кластер-делегат – подключение к кластеру-серверу.

Этот базовый уровень необходим, но не достаточен для создания полномасштабной распределенности. Остаются общие для такого рода систем проблема выбора процессора для выполнения компонентов пользовательской распределенной системы и проблема миграции как объектов пользователя, так и системных серверов.

3. ПРОКЛОС – среда разработки программных систем

Проект КЛАСТОС исторически и логически развивался от разработки наиболее эффективных механизмов среды функционирования объектов к языкам программирования и компоновки программных систем, состоящих из таких объектов. В общей системе разработки можно логически выделить три составные части: спецификация интерфейсов, программирование объектов (кластеров), реализующих эти интерфейсы, и компоновка составных объектов (подсистем). Для каждой из этих частей характерны свои специфические проблемы и способы их решения. Мы приняли решение о «физическом» разделении этих частей путем использования трех разных языков: язык спецификаций интерфейсов, язык программирования и язык компоновки, базирующихся на общей понятийной базе.

Это наше решение обосновывалось следующими соображениями:

1. Поскольку базовые объекты (кластера) не имеют общей памяти и, тем самым, программы этих объектов не имеют общих переменных, описание составного объекта как единого текста распадается на слабо связанные части - спецификации интерфейсов, программы кластеров и описание статических межкластерных связей.

2. Мы хотели обеспечить независимость языка компоновки от языка программирования кластеров с тем, чтобы можно было использовать различные языки программирования.

3. В качестве первого языка программирования нами был выбран язык Си, расширенный конструкциями, обеспечивающими межкластерное взаимодействие – СИКЛОС. Нам не хотелось дополнительно перегружать язык Си декларативными конструкциями языка компоновки подсистем, которые слабо совместимы с языком Си.

Язык спецификации интерфейсов

Язык спецификации интерфейсов описывает *интерфейсы как типы взаимодействия*, отделенные от реализации. Интерфейс – это набор операций; описание операции состоит из описания вида операции (операция отстройки, сигнал) и описания параметров операции. Интерфейс, определяющий тип взаимодействия клиента и сервера, является на стороне клиента типом подключения, а на стороне сервера – типом группы входов. Операция типизирует вход кластера.

Язык программирования СИКЛОС

На первом этапе проекта КЛАСТОС мы использовали "чистый" язык Си, применяя для организации взаимодействия технику «заглушек», генерируемых компилятором с языка спецификации интерфейсов, как самый простой и быстрый путь реализации. В дальнейшем нам пришлось пойти на расширение Си до СИКЛОСа для описания групп входов и введения типов подключений и сегментов, используемых как параметры операций (на первом этапе они интерпретировались как целое). Без этого было невозможно обеспечить типовой контроль. Язык СИКЛОС предоставляет средства межкластерного взаимодействия, работы с сегментами (типы сегментов и относительных указателей) и исключениями. В частности, введены средства, инкапсулирующие в поддержке языка времени исполнения механизм удаленного вызова процедуры.

Язык компоновки подсистем

Подсистема – это статически определенный набор компонентов со статически установленными связями между ними. Компонент подсистемы – это подсистема или кластер. Процесс построения подсистемы из компонентов происходит до ее использования и называется *компоновкой* подсистемы. Описание подсистемы на языке компоновки содержит два раздела: раздел внешних связей подсистемы и раздел состава и внутренней структуры подсистемы.

С точки зрения ее использования подсистема аналогична кластеру. Она тоже соответствует некоторому объекту (но в отличие от кластера – сложному, составному объекту), реализуя его операции и, в свою очередь, вызывая операции в объектах, определенных вне ее. Внешнюю для подсистемы операционную среду можно рассматривать как дополнительный фиктивный компонент подсистемы – *окружение*.

Раздел внешних связей подсистемы содержит подразделы описания групп входов подсистемы и групп входов ее окружения. *Группа входов подсистемы* отождествляется с некоторой группой входов компонента подсистемы и, в конечном счете, реализуется статической группой входов некоторого кластера. *Группа входов окружения* – это группа операций, которыми подсистема пользуется, но которые определены в объекте, реализованном вне ее. Группа входов окружения, в конечном счете, реализуется статической группой входов некоторого кластера, находящегося вне подсистемы.

Раздел состава и внутренней структуры подсистемы содержит список компонентов подсистемы и связей между ними. Поскольку компонент подсистемы сам является подсистемой (в частном случае – кластером), то его раздел внешних связей также содержит описание групп входов компонента и групп входов окружения этого компонента. Для компонента подсистемы его окружение - это «остальная часть» подсистемы, то есть совокупность других компонентов подсистемы, включая и фиктивный компонент «окружение подсистемы».

Группе входов окружения кластера или подсистемы соответствует одно или несколько подключений к этой группе входов, статически определенных в кластере или подсистеме (в конечном счете, кластерах). Для компоновки подсистемы необходимо каждую группу входов окружения каждого компонента отождествить с некоторой группой входов, вообще говоря, другого компонента, в частности окружения подсистемы. Эта операция отождествления называется *установлением связи* или *связыванием*. Связываемые группы входов должны быть одного типа (интерфейса).

Основной принцип процесса компоновки заключается в том, что связывание групп входов окружения подсистемы со статическими группами входов других подсистем является операцией использования подсистемы в том или ином контексте как компонента более сложной подсистемы. Требования к контексту сформулированы в описании групп входов окружения. На этом принципе основана общая методология создания разнообразных кластеров-посредников, подсистем конвейерной обработки и т.п.

Построение подсистемы из подготовленных заранее компонентов (подсистем и кластеров) соответствует проектированию «снизу-вверх». Для проектирования «сверху вниз» обеспечивается возможность не детализировать содержимое компонентов, типизируя лишь их внешние связи. Основное действие компоновки – связывание – использует только внешние связи компонентов и подсистемы в целом.

Корпусом называется компонент, в котором определены только его внешние связи и не определены состав и внутренняя структура. При проектировании «сверху вниз» вначале подсистема состоит только из корпусов. На следующем этапе происходит детализация этих корпусов: они описываются как подсистемы, которые, в свою очередь, могут также содержать корпуса. Таких этапов может быть несколько, рано или поздно корпуса детализируются уже имеющимися кластерами и полностью определенными подсистемами.

Корпус неоднозначно определяет внешние связи подсистем, которыми он может детализироваться. Фактически, корпус задает *семейство* подсистем. Это семейство определяется набором статических групп входов корпуса и его окружения, то есть внешними связями корпуса. Каждая подсистема из данного семейства должна иметь все те статические группы входов, которые определены для семейства, но может иметь и другие статические группы входов. А набор групп входов окружения подсистемы должен быть подмножеством набора групп входов окружения семейства.

Полностью определенная (не содержащая корпусов) подсистема является в КЛАСТОС единицей динамической загрузки. Загруженная подсистема в процессе своей работы может изменяться: могут появляться новые компоненты (с помощью динамической загрузки), ликвидироваться компоненты, возникать (и исчезать) новые связи между компонентами. Однако, понятие подсистемы сохраняется и в процессе ее выполнения и используется в управлении процессором, памятью и задачами.

Динамическая загрузка

При загрузке полностью скомпонованной подсистемы необходимо произвести связывание групп входов ее окружения с группами входов уже загруженных кластеров. Для этого в КЛАСТОС используется понятие *параметризованного загрузчика* – это кластер (вообще говоря, подсистема), который имеет подключения ко всем тем статическим группам входов, с которыми должны быть связаны группы входов окружения загружаемой подсистемы.

Таким образом, в объемлющей подсистеме параметризованный загрузчик находится как бы вместо загружаемой подсистемы (или вместо корпуса, который может детализироваться этой подсистемой). Загрузка производится при обращении к его входу ЗАГРУЗИТЬ. Загруженная подсистема помещается «рядом» с загрузчиком (в отличие от детализации корпуса, когда подсистема помещается «вместо» корпуса), а подключения ее кластеров к группам входов окружения оказываются копиями подключений загрузчика.

Динамическая загрузка подсистемы может рассматриваться как отложенная компоновка объемлющей подсистемы – детализация – с одним существенным различием: при загрузке подсистема попадает в контекст уже **работающей** объемлющей подсистемы.

Выбор в качестве единицы загрузки скомпонованной подсистемы с уже установленными внутренними статическими связями, а также загрузка параметризованным загрузчиком с заранее установленными внешними статическими связями позволяют избежать лишней динамики, уменьшая тем самым накладные расходы времени выполнения. Вместе с тем возможность загрузки подсистемы различными параметризованными загрузчиками, находящимися в различном окружении и соответствующими различным загрузочным семействам, в которые «вкладываются» внешние связи данной подсистемы, позволяет помещать эту подсистему в различный контекст при загрузке. Этот своеобразный унифицированный способ параметризации подсистемы является также средством обеспечения защиты: подсистема может получить статический доступ только к тем кластерам, к которым ей разрешит иметь доступ соответствующий загрузчик.

Дальнейшее развитие ПРОКЛОСа

Описанные выше средства среды разработки программных комплексов образуют базовый уровень ПРОКЛОСа. Дальнейшее развитие может быть связано с созданием интегрированной системы, включающей пользовательски-ориентированный визуальный интерфейс, базы данных интерфейсов и объектов (кластеров и подсистем), быстрое прототипирование с возможностью автоматического встраивания инструментов отладки и трассирования, управление версиями и документирование на всех этапах и уровнях разработки.

4. Сравнение подходов

Проведем некоторое сравнение нашего подхода с наиболее распространенными.

Выбранная нами модель взаимодействия дает наибольшие возможности для распараллеливания работ, учитывая наш отказ от нескольких потоков управления (thread'ов) и наличия общей памяти. В то же время она позволяет на уровне поддержки языка организовывать другие модели, в частности, модель вызова удаленной процедуры.

Аппарат подключений и групп входов в отличие от аппарата мандатов (capabilities) дает возможность объ-

екту динамически управлять доступом клиента к своим операциям. Разбиение всего множества операций сервера на группы, доступ к которым сервер предоставляет клиентам динамически как обратные параметры операций, дает возможность верифицировать средствами темпоральной логики развитие взаимодействий клиента и сервера во времени. Например, доступ к операциям «читать» и «писать» клиент получит только в ответ на обращение к операции «открыть» сервера файла. Этот доступ контролируется не средствами самого сервера, а микроядром.

Статическое связывание компонентов и доопределение внешних связей при загрузке подсистемы статически определенными подключениями решает проблему именования, которая очень актуальна для систем с только динамическим установлением связей. Кроме того существенно снижаются накладные расходы на установление связей.

Отделение спецификаций интерфейсов от их реализации дает, на наш взгляд, большие возможности для повторного сборочного использования программ, чем аппарат классов с наследованием. Особенно это проявляется в случае эволюционирующих систем и систем с масштабируемыми функциями. Наши средства дают возможность модификации компонента (или выбора из набора совместимых по интерфейсам компонентов) при построении систем с требуемыми свойствами. Нет проблем и с введением коммуникационных посредников. Важно, что все эти изменения не требуют переделок в остальных компонентах.

Основное отличие нашего подхода от ставшего уже классическим объектно-ориентированного подхода, которого придерживались в системах с классами объектов и наследованием классов, заключается в том, что у нас объектная ориентация проявляется на уровне создания и функционирования системы в целом, а не атомарного компонента (кластера).

5. Заключение

Проект КЛАСТОС так и остался исследовательской работой, так как ни в СССР, ни в России на нее не нашлось серьезных заказчиков. На начальной стадии этим проектом мы занимались в свободное от основной работы время. Особые трудности были связаны с отсутствием подходящей платформы для реализации, учитывая то, что реализация должна была начинаться с микроядра. Достаточно сказать, что первый вариант КЛАСТОС был реализован в 1989 г. на советском аналоге DEC Professional самой младшей модели.

Что же касается «идейной» части работы, можно сказать: то, что мы делали, мы делали параллельно с общим движением программирования к объектной ориентации и микроядерной архитектуре ОС. В итоге в проектировании не было допущено грубых ошибок, которых нам приходилось бы теперь стыдиться. На наш взгляд, решения и выборы, сделанные нами в процессе разработки, представляют интерес для разработчиков аналогичных систем. В нынешних условиях дальнейшие перспективы проекта весьма туманны, поскольку зависят от того, сможем ли мы найти материальную и финансовую базу для сохранения коллектива разработчиков и продолжения работ.

История создания и развития ДССП: от «Сетуни-70» до троичной виртуальной машины

Бурцев А.А., Сидоров С.А.

Научно-исследовательский институт системных исследований РАН, Научно-исследовательская лаборатория ЭВМ МГУ
burtsev@niisi.msk.ru, sidorov@niisi.msk.ru

A Creation and Development History of Dialogue System for Structured Programming (DSSP): from Ternary Computer «Setun-70» to Ternary Virtual Machine

Burtsev A., Sidorov S.

Research Institute for System Studies RAS, MSU Computers Research Laboratory

Общая характеристика системы

Диалоговая система структурированного программирования (ДССП) [1] была создана в начале 80-х годов XX века в проблемной лаборатории ЭВМ на факультете ВМК МГУ под руководством Н.П. Брусенцова. ДССП была призвана существенно облегчить разработку программного оснащения (ПО) для широкого класса малых цифровых машин – мини- и микрокомпьютеров.

ДССП явилась закономерным результатом ряда работ по усовершенствованию миникомпьютерной архитектуры, проводимых на протяжении ряда лет коллективом сотрудников под руководством Н.П. Брусенцова. Этапы этой работы ознаменовались созданием первой в мире троичной малой цифровой машины (ЦМ) «Сетунь», затем экспериментальной машины «Сетунь-70», которая впоследствии (в 1975 г.) была модернизирована для поддержки структурированного программирования на уровне машинных команд [2].

При создании ДССП преследовалось сразу несколько целей. Во-первых, ДССП создавалась в качестве программного имитатора (эмулятора) новой двоичной цифровой минимашины, в которой предполагалось воплотить ценные идеи двухстековой архитектуры и структурированных команд управления, унаследованных от модернизированной троичной ЦМ «Сетунь-70». В роли такого имитатора или, образно говоря, виртуального процессора, по сути, и функционирует внутренний интерпретатор ДССП, являющийся сердцевиной (ядром) системы.

Во-вторых, ДССП создавалась как интегрированная среда разработки программ, легко доступная для освоения широкому классу пользователей микрокомпьютерной техники и персональных компьютеров. Поэтому при создании ДССП была заимствована идея словарной организации системы ФОРТ (Forth) и обеспечен диалоговый характер взаимодействия с пользователем на всех стадиях разработки программы: начиная от её редактирования и вплоть до окончательной отладки. Такой диалог с пользователем обеспечивается внешним интерпретатором ДССП, функционирующем в режиме исполнения потока слов-команд.

Программа, составленная на входном языке ДССП, сначала преобразовывается во внутреннее представление, для характеристики которого применяется специальный термин – сшитый (threaded) код. Совокупность программных компонентов, выполняющих такое преобразование, принято называть компилирующими средствами или просто компилятором системы. Внутренний и внешний интерпретатор, компилятор и словарь ядра, а также встроенные редактор текстов и отладчик вместе составляют базовый комплект ПО системы. На его основе путём наращивания словаря каждый пользователь может создать свой вариант расширения ДССП, отвечающим нуждам его прикладной области.

Программирование в ДССП заключается в наполнении её словаря новыми словами. Всякая операция (процедура), поддерживаемая системой, обозначается отдельным словом (под которым понимается любая последовательность печатных символов, отличных от пробела). Совокупность слов, понимаемых системой, и составляет её язык (словарь). Система расширяется путем определения новых слов, которые сразу же после добавления в словарь могут быть использованы в системе.

Любое действие, совершаемое системой, вызывается словом. Предусмотренные в системе слова исполняют самые разнообразные функции:

- выполняют вычисления (**+** **-** *****) или обработку данных (**E3 C2 DD**) в стеке;
- доступ к памяти (**@w !w**) или к переменным (**! '**);
- служат для организации ветвлений (**IF+ BR- BRS**) и циклов (**DW RP**);
- обеспечивают построение тел новых слов и добавление их в словарь (**: VAR**);
- управляют состоянием словаря (**FORGET :: CLEAR**) или даже самим процессом выполнения задания в системе (**LOAD SAVE**).

ДССП характеризуется двухстековой архитектурой. Стек операндов, над которым действуют все операции по обработке данных, приводит к компактной польской инверсной записи арифметических выражений, а управляющий стек служит для сохранения адресов возвратов из процедур.

Следующие две характерные черты ДССП выгодно отличают её от системы ФОРТ:

- специфическая процедурная версия структурированных команд управления;

- поддержка пошаговой (step-by-step) нисходящей (top-down) разработки программы.

В ДССП каждая из команд ветвлений вместо перехода по телу сшитого кода (как это обычно делается в системе ФОРТ) осуществляет вызов процедуры слова, выбранного по условию, а каждая команда цикла организует многократный вызов процедуры слова, пока такой вызов допускается условием цикла. Таким образом, в ДССП поддержка структурированного программирования осуществляется непосредственно на уровне сшитого кода аналогично тому, как такая поддержка была обеспечена в ЦМ “Сетунь-70” на уровне машинных команд.

Определение нового слова в ДССП и в языке ФОРТ синтаксически выглядят одинаково:

: **P P1 P2 ... Pn** ; [определение новой процедуры с именем **P**]

Однако ФОРТ допускает подобное определение, только если все слова **P1 P2 ... Pn** уже были определены и стали известны системе, а ДССП допускает, что в этой последовательности слов **P1 P2 ... Pn** могут встречаться и такие слова, которые еще не были определены, но предполагается, что они будут определены впоследствии. Именно благодаря такой особенности ДССП позволяет разрабатывать программу методом нисходящего анализа: сначала определить главное слово, затем слова следующего уровня, из которых оно определяется, и так постепенно спуститься до детального определения самых простых слов.

Первая версия ДССП

Первая версия ДССП (ДССП-НЦ) была создана в 1980–1982 гг. для микрокомпьютеров “Электроника НЦ-03Д” [3, 4]. Уже в этой версии в ДССП нашли отражение характерные черты языка ассемблера ЦМ “Сетунь-70” [5]: его структурированные команды управления для организации ветвления (**BRS**) и цикла по условию (**DWON**).

Чтобы обеспечить технологию пошаговой нисходящей разработки программы, для внутреннего представления программы в этой версии ДССП был предложен особый вид сшитого кода, получивший название “сшитый код двойной косвенности”.

ДССП для компьютеров унифицированной архитектуры

На следующем этапе своего развития ДССП создавалась уже для микрокомпьютеров (“Электроника-НЦ80”) так называемой унифицированной архитектуры (PDP-11). Причём наряду с основной версией ДССП-80 [6] в этот период (1982–1984 гг.) разрабатывались также и экспериментальные версии, представляющие собой варианты развития ДССП, ориентированные на построение программ управления периферией (ДССП-ПМ [7]) и операционных систем реального времени (ДССП-РВ [8]). В каждой из этих версий использовался прямой сшитый код для внутреннего представления программы, а основной цикл внутреннего интерпретатора реализовывался одной командой базовой машины (**JSR @R5+**).

В ДССП-80 были предложены новые команды для организации циклов (**RP, DO**) с выходами по условию (**EX-, EX0, EX+**), а также типизированный набор префиксных операций (**! ' ...**) для единообразной работы с переменными и массивами различных типов. В составе базового ПО появился встроенный ассемблер [9], который позволил создавать тела новых слов в коде базовой машины. Была усовершенствована [10] организация словаря (он стал перемещаемым, в нём появились подсловари и секции), позволившая упростить разработку сложных многомодульных программ. Для автоматизации сборки как самой ДССП, так и законченной прикладной программы были предложены специальные инструментальные средства: компоновщик [11] и целевой компилятор [12], причём они были реализованы на языке самой ДССП.

Хотя экспериментальные версии ДССП-ПМ и ДССП-РВ не получили самостоятельного развития, предложенные в них новые программные механизмы были частично реализованы в последующих версиях ДССП. Это механизм исключительных ситуаций, сопрограммный механизм, механизм прерываний на уровне сшитого кода, а также разнообразные средства организации и взаимодействия параллельных процессов.

Для успешного освоения студентами и школьниками навыков разработки программ в ДССП были изданы (1987–1988 гг.) учебные пособия и методические указания [13, 14]. Описанный в них язык ДССП (РАЯ) стал фактически стандартом на многие годы. Чуть позже ДССП была реализована на компьютерах унифицированной архитектуры не только как самостоятельная резидентная система, но и как отдельное приложение, способное наряду с другими задачами функционировать в среде операционной системы РАФОС (RT-11) [15], а также ОСРВ (RSX-11) [16]. В словаре ДССП появились новые команды для взаимодействия со службами используемой ОС, в частности, для работы с файлами.

Распространение ДССП на другие компьютерные платформы

С начала 90-х годов ДССП стала активно использоваться в НИИСИ РАН в качестве инструментальной среды программирования для разработки внутреннего программного оснащения [17] ряда компьютерных модулей, создаваемых на основе разных микропроцессоров (MC68020, R3000, Intel80386).

В дальнейшем над развитием ДССП и распространением её на другие платформы трудились как сотрудники НИЛ ЭВМ МГУ вместе со студентами и аспирантами, так и сотрудники НИИСИ РАН [18]. В результате на протяжении ряда лет ДССП была реализована для компьютеров самой разнообразной архитектуры и в различных операционных средах. К середине 90-х годов ДССП функционировала почти на всех компьютерных платформах (PDP-11, Intel 8080, Intel 80x86, Motorola 68020, VAX, R3000) и в операционных средах (RT-11, RSX-11, UNIX, CP/M, MSDOS, Windows), получивших распространение в нашей стране.

ДССП для 32-разрядных микрокомпьютеров

Наряду с 16-разрядными появились и 32-разрядные версии ДССП (ДССП-32), оперирующие с 32-битными данными, адресами и стеками. Для платформы Intel 80386 была создана версия ДССП-32р [19], позволившая под управлением ДОС-экстендера DOS4gw работать (в защищённом режиме) с расширенным объёмом памяти. Тем самым было преодолено досадное ограничение (640 Кб) на расширяемость самой системы, препятствующее построению прикладных программ большого размера.

Впоследствии (1997–98 гг.) ядро ДССП-32р подверглось существенной модернизации. Во-первых, в ядро был встроен новый механизм для прерывания на уровне сшитого кода [20]. Этим механизмом обеспечивалось прерывание ДССП-программы не после исполнения очередной команды базовой машины, а лишь после завершения очередной ДССП-команды. Тем самым гарантировалась неделимость исполнения слов-примитивов, т.е. операций, реализованных в коде базовой машины. С таким механизмом стало возможным исполнять в качестве реакции на прерывание любую ДССП-команду, в том числе, возбуждать ситуацию в текущем процессе, переключаться на другой параллельный процесс или посылать сигнал для возобновления задержанного процесса. Во-вторых, в ядро ДССП был добавлен сопрограммный механизм [21]. И если раньше диспетчеры параллельных процессов в ДССП [22] можно было реализовать только в коде базовой машины (на языке её ассемблера), то новые механизмы (прерываний и сопрограмм) позволили создавать разнообразные мониторы, управляющие развитием параллельных процессов, как программные модули, полностью разработанные на языке ДССП.

Мобильная версия ДССП/С

Отдельные версии ДССП для разных платформ были плохо совместимы друг с другом. Их общий недостаток заключался в том, что ядро каждой из них создавалось на языке ассемблера базовой машины, что затрудняло перенос созданного ПО на другие компьютерные платформы. В 1998 г. в НИИСИ РАН по инициативе М.Н. Шумакова была создана мобильная версия ДССП (ДССП/С), ядро которой было написано на языке Си [23].

ДССП/С обеспечивает мобильность получаемого кода. Это означает, что программа, разработанная на языке ДССП в одной среде реализации ДССП/С, может напрямую исполняться в другой среде реализации ДССП/С, не требуя каких-либо изменений ни в исходном тексте самой программы, ни в полученном итоговом исполняемом коде. ДССП/С использует особый знаковый сшитый код с относительной адресацией, специально приспособленный для обеспечения мобильности интерпретатора на языке Си (тело примитивной процедуры представлено в нём номером Си-функции ядра интерпретатора, которая и реализует её операцию). Благодаря отмеченному свойству переносимости, ядро ДССП, разработанное на языке Си и первоначально реализованное для работы в ОС семейства Windows, было затем успешно перенесено и на другие платформы (ОС Solaris для машины Ultra Sparc, MS-DOS с DOS-extender DOS4gw, Linux).

При разработке ядра на языке Си была проведена такая модернизация работы с данными, благодаря которой в ДССП впоследствии были обеспечены возможности построения новых типов [24], аналогичные средствам объектно-ориентированного программирования.

ДССП в мире науки и современной компьютерной техники

Таким образом, на протяжении почти 20-летнего периода своего развития от версии к версии (ДССП-НЦ ==> ДССП-80 ==> ДССП-32 ==> ДССП-32р ==> ДССП/С) ДССП постоянно совершенствовалась, приобретая новые возможности, присущие современным языкам и системам программирования. В результате ДССП превратилась в среду программирования [25], позволяющую применять широкий спектр современных методов структурированной разработки сложных программных систем, сосредоточив в себе средства для структурированного, модульного, объектно-ориентированного и параллельного программирования, а также средства для структурированной обработки исключительных ситуаций.

Однако, несмотря на отмеченные достоинства, ДССП всё же не получила достаточно широкого распространения на рынке систем программирования для микрокомпьютеров. Надо признать, что её потеснили в этой области интегрированные среды программирования с языками Си и Паскаль. На наш взгляд, причиной тому стала вовсе не ущербность самой ДССП, а вступившие в силу рыночные законы. ДССП проиграла конкурентную борьбу, которую и не могла бы выиграть в сложившихся условиях. Ведь ДССП создавалась, развивалась и предлагалась не как рыночный товар, а как научный продукт, результат ряда научно-исследовательских работ, направленных на усовершенствование архитектуры микрокомпьютеров и их системного ПО.

На протяжении многих лет ДССП использовалась для выполнения курсовых и дипломных работ, а также для разработки полезных программ, имеющих важное научно-практическое значение. Перечислим некоторые из них:

- Программное оснащение автоматизированной системы обучения “Наставник” [26].
- Система автоматизированной подготовки учебных курсов для АСО “Наставник” [27].
- Кросс-система для микропроцессора K580 в ДССП [28].
- Производственная система в ДССП-80 [29].
- Адаптируемая отладочная система разработки микроконтроллерных устройств [30].
- Система внутреннего программного оснащения DPROM [17].
- Система компьютеризации булевой алгебры в ДССП [31].
- DED – экранный отладчик и редактор в стиле “микромир” [33].

В качестве подтверждения высокой научной оценки ДССП ниже приведён список подготовленных канди-

датских диссертаций, темы которых были тесно связаны с её созданием и развитием [в скобках указан год защиты диссертации]:

- [1983] Златкус Г.В. Диалоговая Система Структурированного программирования (ДССП) для микрокомпьютеров.
- [1986] Руднев И.А. Исследование путей и реализация на основе ДССП целевой компиляции программ для встраиваемых микропроцессоров.
- [1987] Сидоров С.А. Исследование мобильности ДССП и разработка средств её переноса.
- [1988] Захаров В.Б. Средства разработки программ в ДССП.
- [1991] Грачёв А.Ю. Структурирование данных в диалоговой системе программирования ДССП.
- [1996] Бурцев А.А. Расширение языков программирования средствами обработки исключительных ситуаций.

Результаты научных исследований, связанные с разработкой ДССП, регулярно публиковались в журналах и сборниках трудов, посвящённых компьютерной тематике, а также докладывались на многих международных конференциях (в том числе и по-английски [32-36]).

В 1996 году благодаря усилиям сотрудников НИИСИ РАН М.Н. Шумакова и Н.М. Локтева в интернете (www.dssp.msk.ru), открылся первый сайт, посвященный ДССП.

В настоящее время информацию о ДССП в интернете можно найти по адресам:

- www.forth.org.ru/~dssp (сюда “переехал” первый ДССП-сайт Шумакова и Локтева);
- www.computer-museum.ru/histsoft/dssp.htm (страничка ДССП на сайте виртуального компьютерного музея).

Как всякий “бесценный” научный продукт, произведённый в нашей стране, ДССП распространялась фактически бесплатно. В советское время она передавалась в эксплуатацию по договорам о научно-техническом сотрудничестве, а с появлением сайта ДССП в интернете её мог скачать (причём вместе с исходными текстами) любой желающий. Можно сказать, ДССП была открытой системой [18] и распространялась как свободное ПО.

ДССП интенсивно развивалась, пока не возникали проблемы финансового обеспечения сопутствующих ей направлений научных исследований. Резкое сокращение научного финансирования привело к вынужденному прекращению работ по дальнейшему развитию ДССП. Возможно, поэтому в ДССП так и не воплотились многие полезные идеи, присущие современным системам программирования. Например, она так и не превратилась в визуальную среду разработки программ с привлекательной графической оболочкой и до сих пор функционирует как консольное приложение, предлагающее пользователю простой диалог в режиме командной строки.

ДССП для троичной виртуальной машины

В настоящее время, когда двоичные цифровые машины приблизились к потолку своих потенциальных возможностей, назрела необходимость построения троичного процессора на современной элементной базе, а также разработки программного оснащения для него. Поэтому в НИЛ ЭВМ МГУ была форсирована работа по созданию имитационной модели троичного процессора, а также кросс-системы разработки троичных программ для него. В качестве основного языка в этой системе разработки предполагалось реализовать (кроме языка ассемблера) троичный вариант языка ДССП (ДССП-Т).

В качестве имитационной модели троичного процессора был предложен (в 2010 г.) вариант реализации программного комплекса (на языке Си), получивший название ТВМ – троичная виртуальная машина. ТВМ запускается как консольное приложение, принимает для исполнения файл закодированной троичной программы и имитирует эффект её исполнения. При этом ТВМ позволяет не только проследить (в замедленном режиме) все стадии процесса исполнения троичной программы, но и управлять ходом этого процесса в режиме диалога (например, прогонять программу по частям, приостанавливая её в нужных точках для просмотра содержимого регистров и ячеек памяти). В качестве инструментального средства подготовки закодированной троичной программы вместе с ТВМ был разработан и ассемблер создаваемого троичного процессора.

При разработке архитектуры ТВМ пришлось принимать множество решений – от представления троичной информации и формата машинного слова до состава команд и принципов взаимодействия с двоичной периферией. При неограниченных возможностях программной реализации основным упорядочивающим фактором стало желание воплотить такой микропроцессор в виде реальной микросхемы в ближайшем будущем.

В двоичных машинах троичный элемент данных – трит – можно представлять парой битов (p,n), значения которых: **(1,0)**, **(0,0)**, **(0,1)** трактовать соответственно как троичные значения: **1, 0, -1**. Трайты (из 9 тритов) и троичные машинные слова (из 3-х трайтов или 27-и тритов) можно представлять уже парой битовых векторов (p[s], n[s]) (размером s=9 для трайта и s=27 для троичного слова), которым в двоичных машинах могут соответствовать s-разрядные двоичные слова. На уровне языка ассемблера ТВМ (и далее на уровне языков более высокого уровня) в программе будут представлены уже только троичные данные. Такой подход позволяет ориентироваться при реализации троичного процессора на существующую двоичную элементную базу (в ожидании лучших времён, когда будут созданы реальные троичные элементы и троичные САПР).

На протяжении многих лет ДССП использовалась в качестве выгодной альтернативы программированию на языке ассемблера. Чтобы обеспечить возможность разработки программ для ТВМ на языке ДССП-Т, была предложена реализация (на языке Си) кросс-компилятора с этого языка на язык ассемблера ТВМ. Вместе с кросс-компилятором было разработано ассемблерное ядро, библиотека стандартных модулей и командный интерпретатор для прогона получаемых ДССП-программ в режиме диалога. Все вместе эти программные средства

составляют единую кросс-систему разработки программ для троичной виртуальной машины, получившую название ДССП-ТВМ.

Язык ДССП-Т имеет ряд особенностей, которыми он отличается от входных языков различных версий ДССП, реализованных для разнообразных двоичных машин. Основу языка ДССП-Т составляет неполное подмножество базового языка ДССП [13], в котором отсутствуют типичные операции двоичной арифметики, логики и доступа к памяти по двоичным адресам – вместо них предлагаются соответствующие операции, присущие троичной логике и троичной симметричной арифметике. Поскольку язык ДССП-Т ориентирован на обработку не в режиме интерпретации, а в режиме компиляции, в нём отсутствуют средства для построения новых компилирующих слов, действующих в режиме компоновки программы. При разработке языка ДССП-Т предполагалось воплотить в нём лучшие черты всех предыдущих версий ДССП. Поэтому в него добавлен ряд полезных выразительных средств, которые уже давно хорошо зарекомендовали себя в различных версиях ДССП.

Разработка внутреннего представления, интерпретатора и компилятора ДССП-программ всегда подчинялась принципу “одно слово текста переводится в одно слово кода”. Следуя этому принципу, удалось разработать такую систему команд ТВМ, которая позволяет ей напрямую исполнять программный код, являющийся внутренним представлением ДССП-программы. Так что теперь можно сказать, что формируемый ДССП-компилятором сшитый код станет действительно процедурным кодом, подлежащим непосредственному исполнению аппаратно реализованной машиной.

Список литературы

1. Брусенцов Н.П., Златкус Г.В., Руднев И.А. ДССП - диалоговая система структурированного программирования. // Программное оснащение микрокомпьютеров. М.: Изд-во МГУ, 1982, с.11-40.
2. Брусенцов Н.П., Рамиль Альварес Х. Структурированное программирование на малой цифровой машине. // Вычислительная техника и вопросы кибернетики. Вып. 15. М.: Изд-во МГУ, 1978, с.3-8.
3. Златкус Г.В. Принципы построения системы структурированного программирования для микрокомпьютеров. // Вычислительная техника и вопросы кибернетики. Вып. 19. М.: Изд-во МГУ, 1982, с.73-76.
4. Захаров В.Б., Златкус Г.В., Руднев И.А., Сидоров С.А. Реализация диалоговой системы структурированного программирования на микрокомпьютере “Электроника НЦ-03Д”. // Архитектура и программное оснащение цифровых систем. М.: Изд-во МГУ, 1984, с.10-17.
5. Златкус Г.В. Ассемблер малой ЦМ “Сетунь-70”. // Вычислительная техника и вопросы кибернетики. Вып. 17. М.: Изд-во МГУ, 1981, с.26-34.
6. Брусенцов Н.П., Захаров В.Б., Руднев И.А., Сидоров С.А. Диалоговая система структурированного программирования ДССП-80. // Диалоговые микрокомпьютерные системы. М.: Изд-во МГУ, 1986, с.3-21.
7. Бурцев А.А. Периферийный монитор – развитие архитектуры ввода/вывода ДССП. // Диалоговые микрокомпьютерные системы. М.: Изд-во МГУ, 1986, с.42-51.
8. Борисов А.В. Диалоговая система структурированного программирования в реальном времени – ДССП-РВ. // Диалоговые микрокомпьютерные системы. М.: Изд-во МГУ, 1986, с.51-62.
9. Чанышев Н.А. Язык встроенного ассемблера для ДССП-80. // Диалоговые микрокомпьютерные системы. М.: Изд-во МГУ, 1986, с.21-27.
10. Захаров В.Б., Мельникова Е.А. Организация словаря в ДССП-80. // Диалоговые микрокомпьютерные системы. М.: Изд-во МГУ, 1986, с.38-42.
11. Сидоров С.А. Исследование переносимости ДССП. // Диалоговые микрокомпьютерные системы. М.: Изд-во МГУ, 1986, с.30-37.
12. Руднев И.А. Целевая компиляция ДССП-программ. // Диалоговые микрокомпьютерные системы. М.: Изд-во МГУ, 1986, с.28-30.
13. Брусенцов Н.П., Захаров В.Б., Руднев С.А., Сидоров С.А., Чанышев Н.А. Развиваемый адаптивный язык РАЯ диалоговой системы программирования ДССП. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1987 г. – 80 с.
14. Брусенцов Н.П., Захаров В.Б., Руднев С.А., Сидоров С.А., Чанышев Н.А. Методические указания по программированию в ДССП. Ротапринт НИВЦ МГУ, 1988 г. – 40 с.
15. Чанышев Н.А. ДССП на персональных компьютерах в операционной среде RT-11. // Программное оснащение персональных компьютеров. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990, с.28-32.
16. Чанышев Н.А. ДССП в операционной среде ОС-РВ. // Математические проблемы информатики. М.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987, с.40-44.
17. Лякина Е.Н., Пшеничный К.А., Сидоров С.А., Шумаков М.Н. Система внутреннего программного оснащения DPRом. // Вопросы кибернетики. Сб. статей под ред. В.Б.Бетелина. М., 1999. с.77-86.
18. Сидоров С.А., Шумаков М.Н. ДССП как открытая система. // Дискретные модели. Анализ, синтез и оптимизация. Спб.: СпбГУ, 1998. с.191-201.
19. Волынец Р.В. Реализация ДССП для микропроцессоров Intel 80386. // Дискретные модели. Анализ, синтез и оптимизация. Спб.: СпбГУ, 1998. с.201-227.
20. Бурцев А.А. Механизм прерываний для интерпретатора сшитого кода. // Вопросы кибернетики. Сб. статей под ред. В.Б.Бетелина. М., 2005. с.177-191.
21. Бурцев А.А., Шумаков М.Н. Сопрограммный механизм в ДССП как основа для построения мониторов параллельных процессов. // Вопросы кибернетики. Сб. статей под ред. В.Б.Бетелина. М., 1999. с.45-63.
22. Волынец Р. Диспетчер параллельных процессов в ДССП-32р. // Интегрированная система обучения, конструирования программ и разработки дидактических материалов. М.: Изд-во факультета ВМиК МГУ, 1996. с.70-80.
23. Бурцев А.А., Франтов Д.В., Шумаков М.Н. Разработка интерпретатора сшитого кода на языке Си. // Вопросы кибернетики. Сб. статей под ред. В.Б.Бетелина. М., 1999. с.64-76.
24. Бурцев А.А., Рамиль Альварес Х. Средства объектно-ориентированного программирования в ДССП. // Программные системы и инструменты. Тематический сборник №4, М.: Изд-во факультета ВМК МГУ, 2003. с.166-175.

25. Бурцев А.А. ДССП – среда структурированной разработки программ как сложных систем. // Вторая Международная конференция “Системный анализ и информационные технологии” САИТ-2007 (10-14 сентября 2007 г., Обнинск, Россия): Труды конференции. Изд-во ЛКИ, 2007. т. 2. с.190-194.
26. Брусенцов Н.П., Маслов С.П., Рамиль Альварес Х. Микрокомпьютерная система обучения “Наставник”. –М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. гл.4. с.115-145.
27. Лозовая Е.А. Система автоматизированной подготовки учебных курсов для МСО “Наставник”. // Дискретные системы и их программное обеспечение. Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1990. с.149-154.
28. Сидоров С.А. Кросс-система для микропроцессора K580 в ДССП. // Автоматизация разработки и моделирование вычислительных и микропроцессорных систем: Материалы семинара. М., 1983. с.119-122.
29. Грачев А.Ю. Продукционная система в ДССП-80. // Программное оснащение персональных компьютеров. М.: изд-во МГУ, 1990, с. 51-63.
30. Лобанов В.И., Локтев Н.М. Адаптируемая отладочная система разработки микроконтроллерных устройств (МКУ) в среде ДССП. (<http://trinary.ru/kb/b072e4dd-defd-46a7-ae2e-7180d31eb98c>).
31. Владимирова Ю.С. Конструктивная реализация булевой алгебры. // Интегрированная система обучения, конструирования программ и разработки дидактических материалов. М.: Изд-во факультета ВМиК МГУ, 1996. с.44-69.
32. Sidorov S.A., Shumakov M.N. DSSP and Forth. Compare analysis. // EuroForth'96 conference proceedings. St.Peterburg, Russia, 1996. (11 pp).
33. Frantov D.V., Shumakov M.N. DED (DSSP Editor + Debugger). // EuroForth'97 conference proceedings. Oxford, England, 1997. p.145-153.
34. Sidorov S.A. Data in DSSP – prefix access in postfix language. // EuroForth'97 conference proceedings. Oxford, England, 1997. p.35-41.
35. Sidorov S.A. Top-down thinking and top-down writing in DSSP. // EuroForth'98 conference proceedings. Schloss Dagstuhl, Germany, 1998 (5 pp.).
36. Burtsev A.A. Interrupt mechanism for threaded code interpreter. // EuroForth'99 conference proceedings. St.Peterburg, Russia, 1999. (8 pp).

Первая отечественная многопроцессорная ЭВМ М-10

Гливенко Е.В., Прядко С.А., Фомочкина А.С.
РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва
sergeypryadko@gmail.com

The First Domestic Multiprocessing Computer M-10

Glivenko E., Pryadko S., Fomochkina A.
I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas

В 70-х годах прошлого столетия в Советском Союзе была создана многопроцессорная машина М-10. Система М-10 первоначально была ориентирована на обработку больших потоков информации с помощью алгоритмов, обладающих более или менее естественным параллелизмом. Кроме того, предполагалось, что обработка должна производиться в реальном масштабе времени.

Архитектура машины М-10 принципиально отличалась от архитектур других многопроцессорных машин. Это была система, организованная на синхронном принципе, которая в каждом такте выполняла одновременно действия трех операторов: управляющего оператора, вычислительного оператора, преобразовывающего функции, и оператора, выполняющего геометрические преобразования. Обладая общей памятью, машина М-10 осуществляла общение с этой памятью целиком функциями, заданными в большом числе точек.

Архитектура машины М-10 была нетрадиционной. Прежде всего, принцип ее работы не предполагал, что распараллеливаемая на ней программа изначально будет написана на каком-либо языке и иметь последовательную структуру. Идея построения машины была взята из области математики, а именно из функционального анализа, где изначальным элементом является не число, как в математическом анализе, а функция целиком. Отсюда и возникло название «функциональная арифметика». Действия с функциями названы операторами. В машине М-10 нет числовой части. На вход машины поступают не числа, а функции, заданные в конечном числе точек. Система операторов машины – это не набор арифметических действий, а набор преобразований функций в функции. Многопроцессорность определяется числом точек, в которых задается функция. Пользователю предлагается довольно обширный инструментарий для работы над функциями, заданными таким образом. Пользователю предлагается самому «распараллелить» свою задачу, представив ее в виде набора функций на входе и в виде предполагаемых результатов – также функций – на выходе. Эта машина больше всего напоминает векторную или матричную машину, но, естественно, с более обширным набором операций. Проблемой при создании такой архитектуры явилось требование, чтобы набор операторов этой машины был полным. Это значит, что любой мыслимый оператор над функциями, задаваемыми в конечном числе точек, должен иметь возможность быть представленным в виде «программы», составленной из операторов машины. Набор операторов М-10 удовлетворяет условиям полноты [1, 2], а при выборе системы операторов учитывались также требования удобства «программирования».

Выбранная архитектура машины М-10 позволила эффективно использовать ее в виде управляющей машины на различных объектах. Это удавалось, главным образом, за счет возможности перенесения в «железо» большинства функций операционных систем, а также устройств сопряжения. Эта машина хорошо зарекомендовала себя при обработке локационной информации [3] при наблюдении за спутниками, при обработке снимков с пузырьковых камер [4] ускорителя, а также в задачах численного моделирования в физике и геофизике.

Основы архитектуры. Функциональной арифметикой будем называть многопроцессорную структуру, состоящую из большого числа отдельных процессоров, работа которых синхронизирована специальным образом.

В состав функциональной арифметики входят следующие компоненты: многоразрядная и одnorазрядная структуры, память и устройство управления. Все структуры, как многоразрядные, так и одnorазрядные, состоят из одинакового числа процессоров, причем каждый процессор многоразрядной структуры связан со своим одnorазрядным процессором. Число процессоров в каждой структуре n^l , где l определяет размерность функциональной арифметики, а n определяет наполнение каждого из направлений. Отдельный процессор многоразрядной арифметики имеет дело с m -разрядными числами, в соответствии с этим в его составе имеются m -разрядные регистры для записи операндов и результатов. Одnorазрядный процессор имеет одnorазрядные регистры.

Многоразрядная структура служит для работы с функциями $f(x_1, \dots, x_l)$ l переменных, заданных соответственно в n точках по каждому из l направлений, т.е. всего в n^l точках. Входные и выходные регистры отдельных процессоров объединяются во входные и выходные регистры всей структуры, и записанная в них информация интерпретируется как значения некоторой функции $f(x_1, \dots, x_l)$, заданной в n^l точках. Каждой точке при этом соответствует свой процессор. В каждой точке функция задается с помощью m -разрядного числа.

Регистры одnorазрядных процессоров также объединяются в соответствующие регистры всей структуры. Информация в таких регистрах служит для выделения различных множеств (геометрических объектов) в области задания тех функций, которыми оперирует многоразрядная структура. При этом функцию, заданную в n^l точках, можно из регистра записать в память и, наоборот, прочесть из памяти в регистр.

Отдельные устройства функциональной арифметики синхронизированы, и работа всей системы может быть представлена в виде последовательности операторов. Операторы функциональной арифметики ставят в соответствие паре функций, заданных во входных регистрах структуры, функцию-результат, которая распола-

гается в выходных регистрах. Операторы функциональной арифметики можно разделить на три типа: операторы многоразрядной структуры, операторы одноразрядной структуры и операторы в которых участвуют обе структуры.

На вход операторов первого типа поступают функции из входных регистров многоразрядной структуры, и в виде результатов также получаются функции многоразрядной структуры. Операторы второго типа имеют дело с функциями, записанными в регистрах одноразрядной структуры. Такие функции принимают всего два значения (ноль и единица) и служат для выделения какого-либо множества. По аналогии с соответствующим термином из математики будем называть их характеристическими функциями множеств. Фактически операторы одноразрядной структуры осуществляют операции над множествами. В операторах третьего типа задействованы как функции, так и множества, как в виде операндов, так и в виде результатов. Операторы третьего типа служат для того, чтобы преобразовывать функцию на некотором множестве или получать в виде результата некоторое множество, связанное с функцией.

Далее рассмотрим конкретные типы функциональной арифметики. При $l=2$ такую арифметику будем называть функциональной плоскостью, при $l=1$ – функциональной линейкой. Функции, используемых в линейках, будем называть логическими, так как области их определения дискретны. По аналогии с этим операторы функциональной арифметики будем называть логическими. Для того чтобы можно было любой логический оператор реализовать на функциональной арифметике в виде программы, т.е. в виде последовательности операторов-команд, необходимо, чтобы операторы-команды составляли полную систему.

Функциональная плоскость. Покажем идею построения архитектуры, называемой функциональной плоскостью, на абстрактном математическом примере.

Рассмотрим конкретную задачу (задачу Дирихле): найти решение уравнения Лапласа:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 \quad (1)$$

внутри некоторой двумерной области G . Причем решение на границе области должно совпадать с некоторой заданной функцией f , т.е. принимать некоторые конкретные значения.

Известен стандартный итерационный метод приближенного решения этой задачи, заключающийся в следующем. Разобьем координатную плоскость (x, y) на квадраты со стороной h прямыми, параллельными осями координат, и выберем систему квадратов таким образом, чтобы вся область была покрыта этой системой квадратов. Приближенное решение задачи Дирихле будем искать в узлах полученной сетки. Перенумеруем все внутренние узлы. Пусть их число будет N . Для каждого внутреннего узла запишем равенство, составляющее смысл приближенной конечноразностной схемы:

$$u(x_i, y_i) = \frac{u(x_i + h, y_i) + u(x_i - h, y_i) + u(x_i, y_i - h) + u(x_i, y_i + h)}{4}. \quad (2)$$

Аргументом для логического оператора будем считать логическую функцию $f(x, y)$ двух переменных, определенную в узлах сетки. Полагаем, что она задана в некотором многоугольнике, содержащем область G .

Введем следующие операторы:

A сдвига по x вправо – оператор одноходовый, который функции $f(x, y)$ ставит в соответствие функцию $A(f(x, y)) = f(x - h, y)$;

A сдвига по x влево $A(f(x, y)) = f(x + h, y)$;

A сдвига по y вверх $A(f(x, y)) = f(x, y - h)$;

A сдвига по y вниз $A(f(x, y)) = f(x, y + h)$;

A_Σ оператор суммирования – двухходовый оператор

$A_\Sigma(f_1(x, y), f_2(x, y)) = f_1(x, y) + f_2(x, y)$;

A_* – оператор умножения двух функций

$A_*(f_1(x, y), f_2(x, y)) = f_1(x, y) \times f_2(x, y)$.

Предполагается возможность маскирования операторов, т.е. выполнение оператора только на некотором подмножестве области определения функций, входящих в оператор.

Предположим, что архитектура ЭВМ такова, что можно:

– хранить целиком логические функции в виде таблиц в регистре, который представляет собой сетку, аналогичную плоскости;

– выполнять оператор над одной функцией, заданной в регистре, так, чтобы результат оказался в другом аналогичном регистре, не изменив содержимого первого;

– выполнять оператор над парой функций, находящихся в двух регистрах, так, чтобы результат оказался в третьем регистре.

Для маскирования операторов введем еще один регистр, так называемый «ковер». Он такой же многоугольный, с таким же расположением узлов, как регистр для хранения функций. Разница лишь в том, что в каждом узле ковра хранится всего 1 бит информации, тогда как в каждом узле регистра, хранящего функцию, число разрядов, определяется точностью задания функции. Можно считать, что на ковре располагается характеристическая функция некоторого множества, а именно того множества, в точках которого функция равна единице.

Например, с помощью ковра можно выделить область для описанной выше задачи как вместе с границей, так и без нее, т.е. множество ее внутренних точек.

Рассмотрим программу, состоящую из последовательности представленных операторов и реализующую решение задачи. Дирихле.

Прочтем из памяти в регистр следующую информацию: в точках границы области заданные краевые значения, а во внутренних точках области значения, равные нулю, которые представляют нулевое приближение решения задачи Дирихле. Обозначим эту функцию $u_0(x,y)$, сформируем первое приближение $u_1(x,y)$ по формуле (2). Для этого ко всем точкам применим оператор сдвига вправо по x на одну позицию. Запомним результат в отдельном регистре A . Затем сделаем сдвиг u_0 по x влево на одну позицию. Запомним результат в другом регистре B . Сложим содержимое регистров A и B под маской, маской же выделим при этом только множество внутренних точек области. Результат запомним в регистре C .

Следующей командой выполним оператор сдвига исходной функции $u_0(x,y)$ вверх на одну позицию, результат запомним в регистре B . Затем сдвинем исходную функцию u_0 вниз на одну позицию, а результат запомним в регистре B . Сложим содержимое регистров A и B под маской, выделяющей внутренние точки области. Содержимое отправим в регистр D .

Следующая операция сложит содержимое регистров C и D опять только во внутренних точках области с записью результата, например в регистре C . После этого опять только на внутренних точках области произведем умножение содержимого регистра C на функцию-константу, равную во всех точках числу $1/4$.

После этих операций во всех внутренних точках области одновременно окажется приближение $u_1(x,y)$. При маскировании будем предполагать, что вне внутренних точек сохранятся предыдущие значения, т.е. краевые условия. Следующие приближения получим по той же программе.

Функциональная линейка. Приведенная многопроцессорная структурная плоскость удобна для решения двумерных задач. Для решения трехмерных задач удобнее была бы структура, построенная аналогичным образом, но имеющая три измерения. Однако же и в одномерном случае такая структура позволяет широко использовать параллелизм для решения широкого круга задач. Структуру, аналогичную функциональной плоскости, но имеющую одно измерение, будем называть функциональной линейкой.

Такая структура работает с логическими функциями от одного переменного. Функциональная линейка – это арифметическое устройство, которое в каждом такте выполняет преобразование над одной или несколькими логическими функциями. В каждом такте выполняется один логический оператор. В частности этот оператор может быть функционалом, т.е. в результате его действия получится не функция, а число. Естественно, возможности функциональной линейки меньше, чем у функциональной плоскости. Тем не менее, используя несколько функциональных линеек различных видов в одной структуре, можно организовать их взаимодействие так, чтобы обеспечивалось хорошее распараллеливание задач.

Пусть арифметическое устройство, реализующее функциональную линейку, снабжено четырьмя регистрами A, B, C, D . Каждый из этих регистров хранит информацию о логической функции. В соответствии со структурой логической функции регистр поделен на n частей (n -число точек, в которых задается функция). Каждая часть содержит m разрядов. Таким образом, каждый регистр A, B, C, D содержит по $n \times m$ разрядов. Будем считать, что значение аргумента для функции задается позиционно, значения аргумента нумеруются слева от 0 до $n-1$. В реальных задачах имеют дело с функцией, заданной в конечном числе точек $x_1, \dots, x_n$. Тогда в регистре будут записаны последовательно значения функции в точках $x_1, \dots, x_n$.

Регистры A и C считаем входными для арифметического устройства. Регистры B и D – выходные, в них помещается результат, получаемый после применения логического оператора.

Для полноразрядного арифметического устройства, т.е. для устройства, где m велико, удобна следующая система операторов, служащая системой команд:

Поточечный оператор:		Двум функциям, расположенным в регистрах A и C , ставятся в соответствие:
1.	$A + C$	их сумма в соответствующих точках
2.	$A - C$	разность
3.	$ A + C $	сумма модулей
4.	$ A - C $	разность модулей
5.	$A \times C$	произведение
6.	$A : C$	частное
7.	$ A + C $	модуль суммы
8.	$ A - C $	модуль разности
9.	МАКС	функция, равная максимальному из значений первой и второй функций в соответствующих точках
10.	МИН	функция, равная минимальному из значений первой и второй функций
11.	МАКС	функция равная модулю максимального значения первой и второй функций
12.	МИН	функция равная модулю минимального значения первой и второй функций

13. СДВИГ – оператор, носящий название «сдвиг логический». Оператор одноходовый. Функции f , расположенной в регистре A , ставится в соответствие функция φ , такая, что $\varphi(x_i) = f(x_{i-1})$, $i = 2, \dots, n$ и $\varphi(x_1) = 0$. Этот оператор имеет модификации. Модификация, называемая «кольцевым сдвигом», отвечает формуле $\varphi(x_i) = f(x_{i-1})$ для $i = 2, \dots, n$. $\varphi(x_1) = f(x_n)$. Модификациями являются операторы, называемые

«сдвигами влево». Им соответствуют формулы $\varphi(x_i) = f(x_{i+1})$, $i=1, \dots, n-1$, и $\varphi(x_n) = 0$ для не кольцевого сдвига, $\varphi(x_i) = f(x_{i+1})$, $i=1, \dots, n-1$, и $\varphi(x_n) = f(x_1)$ для кольцевого сдвига;

14. СДВАЛГ – оператор, носящий название «сдвиг алгебраический». Это также одноходовый оператор, построенный аналогично сдвигу логическому с одной лишь разницей: при алгебраическом сдвиге сдвигаются только абсолютные значения функции, значения знаковых разрядов результата совпадают со значениями знаковых разрядов аргумента в соответствующих точках;
15. $\neg A$ – оператор – отрицание. В каждом разряде регистра-результата появляется информация, противоположная той, которая содержится в соответствующем разряде регистра A ;
16. $A \vee C$ – логическая сумма;
17. $A \wedge C$ – логическое произведение.
18. $\neg A \vee C$ – логическая сумма отрицания значения соответствующего разряда регистра A и значения разряда регистра C ;
19. $\neg A \wedge C$ – логическое произведение отрицания значения соответствующего разряда регистра A и значения разряда регистра C .

Далее приведем операторы, являющиеся функционалами. На вход такого оператора поступают функции, на выходе получается число. Из описания этих операторов будет видно, что это число должно задаваться большим числом разрядов, чем входные функции. При применении оператора в регистр результата B или D , содержащий $m \times n$ разрядов, принимается число – результат, как в единый длинный регистр.

20. $\sum AC$ – оператор – «скалярное произведение». Число, получающееся в результате применения этого оператора, равно сумме попарных произведений значений входных функций из A и C по всем точкам;
21. $\sum A$ – сумма по всем точкам значений входной функции из регистра A ;
22. $\sum A | C$ – оператор, аналогичный «скалярному произведению». Разница заключается в том, что берутся парные произведения значения функции из регистра A и модуля значения функции из регистра C ;
23. $B + \sum AC$ – число, получаемое после применения этого оператора и равное сумме двух чисел: числа, содержащегося к этому моменту в регистре B (многоразрядного), и суммы парных произведений значений функций из A и из C по всем точкам.
24. $B + \sum A$ – число, получаемое после применения этого оператора и равное сумме двух чисел: числа (многоразрядного), содержащегося к этому моменту в регистре, и суммы значений функции, содержащейся в регистре A , по всем точкам;
25. $B + \sum A | C$ – число, получаемое после применения этого оператора и равное сумме двух чисел: числа, содержащегося к этому моменту в регистре B (многоразрядного), и суммы попарных произведений значений функции в соответствующих точках из регистра A на модуль значений функции из регистра C .

Следующие операторы относятся к случаю, когда $m=1$ (регистры R_i содержат по n разрядов);

26. $R_i \vee R_j = R_k$ – содержимое i -го регистра поразрядно складывается с содержимым j -го регистра и результат отсылается в k -й регистр. Индексы i, j, k могут принимать любые значения $1, \dots, 3$; в частности, все индексы или какие-либо из них могут быть равными;
27. $R_i \wedge R_j = R_k$ – оператор выполняется аналогично предыдущему с той разницей, что вместо логического суммирования производится логическое умножение;
28. $R_i + R_j = R_k$ – оператор производит сложение содержимого регистров R_i, R_j как чисел с фиксированной точкой;
29. $R_i - R_j = R_k$ – оператор производит;
30. $\vee R_i$ – оператор интегральной дизъюнкции;
31. $\wedge R_i$ – оператор интегральной конъюнкции;

При применении этих операторов получается одноразрядное число, равное либо нулю, либо единице. При применении оператора 30 результат равен единице, если есть единица хотя бы в одном разряде регистра R_i . В противном случае результат равен нулю;

32. Левая граница – в регистре R_k появляется единственная единица в самом левом разряде из тех, где были единицы в R_i ;
33. Правая граница;
34. j – размножение – во всех разрядах R_k устанавливаются значения, совпадающие со значением j – го разряда регистра R_i ;

Следующие операторы будут распространяться на линейке обоих типов одновременно:

35. Индикация левого максимума – оператор работает с регистрами A и R_i . У функции, расположенной в регистре A , ищется максимальное значение, которое появляется в виде функции-константы в регистре результата. Одновременно с этим в том разряде регистра R_i , который соответствует самой левой точке из тех, в которых достигается максимальное значение, появляется единственная единица;
36. Индикация правого максимума – оператор аналогичен предыдущему с той лишь разницей, что в R_i появляется единица, соответствующая самому правому максимуму;

37. Размножение левого максимума по модулю – оператор, в котором процедура повторяет предыдущие операторы, но максимум берется по модулю;
38. Размножение правого максимума по модулю;
- 39, 40, 41, 42 – операторы повторяют операторы 35, 36, 37, 38 с заменой слова «максимум» на слово «минимум»;
43. Оператор «перестановка» – оператор берет функцию из регистра A , меняет в ней местами точки (по круговому циклу), «обозначенные» регистрами R_i (т.е. к этому моменту в регистре R_i в соответствующих разрядах стоят единицы), и полученную функцию отправляет в регистр результата;
44. Оператор «высечение уровней» – оператор в тех разрядах регистра R_i , которые соответствуют точкам регистра A , где $f(x)=y_0$, устанавливает единицы, в остальных разрядах – нули.

Представим некоторые функционалы, реализуемые с помощью линеек обоих типов;

45. $\text{MAX} |A - C|$ – нахождение числа, равного максимуму по всем точкам модуля разности функций A и C . В R_i появляются единицы в тех разрядах, где значение модуля разности максимально;
46. $\sum |A - C|$ – нахождение числа, равного сумме по всем точкам квадратов разностей двух функций. При этом в R_i появляются единицы в тех разрядах, где квадраты разностей минимальны.

Организация работы функциональной арифметики. В предыдущем пункте были описаны основные операторы функциональных линеек для двух случаев. В первом случае предусматривается работа с многоразрядными числами, выступающими в виде значений функций, во втором случае значения функции полагались равными либо нулю, либо единице.

Оба вида функциональных линеек должны присутствовать в устройстве «функциональная арифметика», и каждой из них в устройстве отводится самостоятельная роль.

Предположим, что нужно реализовать некоторую вычислительную процедуру, имеющую целью решение конкретной математической задачи. Пусть входными величинами этой процедуры будут функции от одного действительного переменного, заданные в конечном числе точек, естественно, с конечным числом разрядов. Предполагается получить результат в виде набора функций.

Попробуем, если это возможно, а опыт показывает, что в большинстве случаев это так, записать предполагаемую вычислительную процедуру в виде параллельного алгоритма, ориентированного на данную структуру. В отличие от обычного алгоритма, представляющего собой набор вычислительных тактов, в каждом из которых производится одна из вычислительных операций (сложение, вычитание, умножение и деление с парой операторов, числами), в данном случае, алгоритм будет представлять собой последовательность тактов, в каждом из которых реализуется один из работающих операторов функциональной линейки с парой операндов, логическими функциями.

Установим, что считать работающими операторами функциональной линейки. Это будут операторы, описанные в пункте *Функциональная линейка* для многоразрядной линейки, взятые «под маской». Маскирующими множествами могут быть любые подмножества множества точек, в которых задана функция. Эти подмножества задаются с помощью характеристических функций, расположенных в регистрах второй функциональной линейки, которая работает с двузначными функциями.

Построенные таким образом работающие операторы первой функциональной линейки образуют полную систему. В процессе выполнения любого оператора из перечисленных в пункте *Функциональная линейка* для многоразрядной линейки в каждой точке, где определяются функции (а их n штук), всегда вырабатываются признаки, вернее, значения признаков разрядов, их также n штук для каждого признака. Наличие признака соответствует появлению единицы в соответствующем разряде данного признака.

Эти признаки следующие:

W – признак переполнения результатов разрядной сетки;

z – признак равенства результата нулю;

E – признак равенства операндов или их модулей, если операция выполняется над модулями;

M – признак выполнения неравенства $C > A$ или $|C| > |A|$, если операция выполняется над модулями;

s – признак отрицательного результата.

Итак, в одном такте одного оператора основной функциональной линейки вырабатывается шесть одноразрядных признаков.

После каждого такта работы основной функциональной линейки любые из пяти строк признаков могут быть запомнены в регистрах R_i , которые являются регистрами одноразрядной функциональной линейки и которые иначе называются регистрами признаков. Запомненная в некотором такте информация о признаках может служить маскирующей характеристической функцией для выполнения в следующем такте некоторого оператора уже под маской.

Электронная вычислительная машина М-10 как вариант функциональной арифметики. Электронная вычислительная машина М-10 – это вариант функциональной арифметики. М-10 [5] – синхронная многопроцессорная ЭВМ: в ее состав входит ряд процессоров различного типа, которые могут работать параллельно (синхронно), т.е. в течение одного машинного такта процессора. Для реализации такого способа функционирования в программе машинная команда М-10 содержит список операций для процессоров, которые должны быть инициализированы в данном такте. Практически все операции управления и арифметики выполняются за один машинный такт.

В состав М-10 входят процессоры следующих типов. Первый тип – арифметические процессоры, которые

физически реализованы в виде двух независимых арифметических устройств, синхронно выполняющих разные арифметические или логические операции. Каждое устройство представлено в виде одного, двух, четырех или восьми процессоров в зависимости от разрядности входных операндов, заданной в арифметической операции. С точки зрения программиста в одной команде максимально может быть задействовано два процессора по 128 разрядов: 4×64 , 8×32 или 16×16 , причем каждый процессор может производить двухместную операцию над операндами указанной разрядности. В этом смысле можно говорить о том, что в М-10 реализованы две независимые функциональные линейки. Каждая линейка может иметь различное число точек, что связано с точностью представления чисел. Если потребуется точность, соответствующая 128-разрядной сетке, то в каждой линейке будет присутствовать всего одна точка. При 64-разрядной сетке в каждой функциональной линейке будут по две точки, в случае 32 разрядов – по четыре точки и в случае 16 разрядов – по восемь. В каждой функциональной линейке есть четыре оперативных регистра: входные A и C и выходные B и D . Эти регистры содержат по 128 разрядов. Максимальное число точек, на которое разбиваются эти регистры, – восемь.

Каждая линейка может выполнить в одном такте один из следующих операторов: $A + C$; $A - C$; $A \times C$; $A : C$; $A +$; C ; $A -$; C ; $|A| + |C|$; $|A| - |C|$; СДВИГ; СДВАЛГ; $\neg A$; $A \vee C$; $A \wedge C$; $A \wedge C$; $\neg A \vee C$; $\neg A \wedge C$.

Из функционалов имеются следующие: $\sum A \times C$, $\sum A$, $\sum A \cdot |C|$.

Ко второму типу процессоров, работающих синхронно с арифметическими, относится устройство управления. Устройство управления реализует одну функциональную линейку длиной в 16 точек, в каждой точке функция может принимать только два значения – 0 или 1. Набор операторов этой линейки следующий: поточечное логическое умножение. Из функционалов следует отметить: интегральную дизъюнкцию; интегральную конъюнкцию. Линейка устройства управления реализована с помощью трех 16-разрядных регистров R_1 , R_2 , R_3 . Каждый из них может служить регистром, как для операнда, так и для результата. Для результатов функционалов предусмотрены два одноразрядных регистра – триггера T_1 и T_2 . В устройстве управления реализованы дополнительно:

- полноразрядная арифметика с фиксированной точкой на регистрах R_1 , R_2 , R_3 ;
- условные переходы по содержимому триггеров T_1 или T_2 .

Регистры R_1 , R_2 , R_3 называются регистрами признаков. Это связано с тем, что согласно идее организации функциональной арифметики в регистры R_1 , R_2 , R_3 могут быть приняты признаки, вырабатываемые в арифметических линейках, и, наоборот, содержимое регистров R_1 , R_2 , R_3 может восприниматься в виде маски для выполнения операторов под маской.

Устройство управления наряду с манипуляциями с регистрами признаков и одновременно с ними, а также, естественно, параллельно с основной арифметикой может выполнять еще полный набор операций с фиксированной точкой с содержимым регистров адресных модификаторов. Таких модификаторов в М-10 шестнадцать. Каждый из них содержит 22 разряда, что соответствует разрядности адреса памяти М-10.

Третий тип процессоров М-10 составляют два синхронно работающих канала связи процессор – память, предназначенных для чтения операндов из памяти во входные регистры арифметических процессоров и записи результатов операций. Максимальная ширина доступа в память по одному каналу составляет 512 бит, что позволяет заполнять входные регистры всех арифметических процессоров за одно обращение. Обращение к памяти осуществляется по виртуальному адресу в формате «индекс, база, смещение». Разрядность смещения разряда, минимальный адресуемый элемент памяти – полуслово (16 бит). Общая емкость внутренней памяти 5 Мбайт/с.

Четвертый тип процессора – мультиплексный канал прямого доступа во внутреннюю память, позволяющий осуществлять ввод, вывод по 24 дуплексным подканалам с суммарной скоростью 7 Мбайт/с. К каждому подканалу можно подсоединить до шести однотипных внешних устройств.

Структура М-10 допускает два основных вида распараллеливания алгоритмов: во-первых, по n идентичным арифметическим процессорам, синхронно выполняющим одну и ту же операцию, во-вторых, по разнотипным параллельно работающим процессорам (физическим устройствам), в числе которых два арифметических устройства, два канала процессор-память, устройство управления, мультиплексный канал.

Список литературы

1. Глиненко Е.В. О функциях k -значной логики. //Вопросы радиоэлектроники. – М., 1970. – Серия ЭВТ, № 9.
2. Саконтикова Н.Н. Некоторые вопросы теории логических операторов. //Вопросы радиоэлектроники. – М., 1971. – Серия ЭВТ, № 9.
3. Глиненко Е.В. О классах перестановок k -значной логики. //Вопросы радиоэлектроники. – М., 1971. – Серия ЭВТ, № 9.
4. Петрова Г.Н. Метод распараллеливания вычислительных алгоритмов применительно к анализу изображений снимков пузырьковых камер. //Вопросы радиоэлектроники. – М., 1974. – Серия ЭВТ, № 8.
5. Глиненко Е.В. О взаимосвязи архитектуры многопроцессорных систем и параллельных алгоритмов //Вопросы радиоэлектроники. – М., 2003. – Серия ЭВТ, № 2.

Первые реализации языка Lisp в СССР

Городняя Л.В.
Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН
lidvas@ngs.ru

First Lisp Implementations in the USSR

Gorodnyaya L.
A.P. Ershov Institute of Informatics systems

История универсального языка программирования Lisp пронизана острыми дискуссиями, жаркими спорами, противоречивыми суждениями, яркими достижениями и смелыми изобретениями. В нашей стране знакомство программистов с этим языком состоялось из первых рук. Совершая в конце 1968 года турне по СССР [39, 40], Джон Маккарти прочел в Москве и Новосибирске циклы лекций, посвященных языку Lisp и автоматизации доказательств теорем. В рабочем порядке он описал с помощью языка Algol-60 основные алгоритмы системы программирования для языка Lisp 1.5, выражая при этом серьезный скепсис относительно возможности полноценной ее реализации на нашей лучшей ЭВМ БЭСМ-6. Этот скепсис прозвучал как интеллектуальный вызов. К этому времени С.С. Лавровым и А.П. Ершовым уже были развернуты проекты по созданию отечественных систем программирования на языке Lisp 1.5 на БЭСМ-6 [1, 32].

Московская (ВЦ АН СССР) Lisp-система, созданная С.С. Лавровым и Г. Силагадзе, подробно описана в [1–3], используемой и в наши дни как ясное описание языка и методов его реализации. Московская реализация языка Lisp много лет служила базовым инструментарием работ по искусственному интеллекту и символьной обработке. В дальнейшем были выполнены подобные реализации языка Lisp на ОДРА 1204 и ЕС ЭВМ [9,10]. Ряд интересных работ по автоматизации представления и анализа сложных молекул на этой системе выполнил В.С.Лозовский [11]. Поддержка системы и ее модернизация осуществлялись В.М. Юфой [7,8]. Этот проект в своей биографии С.С. Лавров признает одной из самых успешных разработок [41].

Новосибирская (ВЦ СО АН СССР) Лисп-система, разработанная Л.В.Городней, Л.В.Черноброд и Т.С.Янчук под руководством А.П.Ершова, слабо освещена в публикациях [12]. Новосибирская реализация языка Lisp применялась в пионерских исследованиях проблемы автоматизации проверки доказательств теорем и правильности высказываний о программах, преимущественно о типах данных. Кроме того – в студенческих работах и экспериментах по преобразованию и макетированию программ с целью поддержки процесса их разработки. Согласно новосибирской моде того времени система включает русифицированную версию языка. Эксплуатировалась система без особых переделок практически до демонтажа БЭСМ-6.

Ранняя история

Историю языка Lisp обычно датируют 1958 годом, начиная с публикации [21], хотя многие идеи сложились ранее в работах Дж. Маккарти(1956–1957), посвященных формализации средств и методов для решения задач искусственного интеллекта.

В исследованиях истории Лиспа профессор Н. Stoyan показывает насколько непредвзято и тщательно, изобретательно и ответственно оттачивались решения по языку и методам его реализации. Были учтены как математические и лингвистические, так и эргономические и технологические аспекты разработки и применения будущих систем программирования на нового языка. Большое внимание было уделено расширению круга специалистов, заинтересованных в программировании на Лиспе. [45]

За краткий период времени были разработаны три версии языка - Lisp 1, Lisp 1.5, Lisp 2 [21–23], определения которых показывают высокий темп изменения круга понятий и выбора практичного компромисса для входного языка системы программирования. Lisp 2 представляет собой перенос решений, выработанных для Lisp 1.5, на задачи вычислительного характера в стиле языка Algol 60 [4].

При первых реализациях языка сложилась структура системы программирования как комплекса из интерпретатора, компилятора, средств ввода-вывода списков и доступа к памяти с автоматической «сборкой мусора» и встроенной базой данных с динамически изменяемым форматом записей, хранящих информацию об атомах, обеспечивающих взаимодействие всех элементов системы и программы.

Восхищает смелость, общность и меткость большинства реализационных решений, противоречащих уже сложившейся технике программирования того времени ради освобождения программиста от сосредоточенности на непринципиальных затруднениях:

- На фоне тщательного программирования поэлементного распределения памяти и ее методичного, причем небезопасного, изменения предлагается схема беззаботного размещения гибких списков произвольного размера с автоматической «сборкой мусора» лишь при дефиците памяти.

- От вычислений в пределах машинного слова осуществлен прорыв к работе с целыми неограниченной длины и вещественными с задаваемой точностью.

- В сравнении с форматным вводом-выводом в Фортране или скалярным в Паскале Лисп сразу позволяет вводить и выводить данные любой сложности без особых ритуальных действий.

– Вместо серии мелких шагов целенаправленного накопления результатов обработки данных, хранимых в отдельных машинных словах, осуществлен переход к высокоуровневым выражениям, символизирующим отображения преобразуемых структур данных в интегральный результат посредством независимо программируемых рекурсивных функций, допускающих лаконичную форму.

– Унаследованная от Фортрана идея раздельной компиляции реализуется как встроенная функция, которую можно вызвать в любой момент выполнения программы и по мере необходимости уточнять границу между отлаженными, созревшими для компиляции частями и недоотлаженными и потому интерпретируемыми для удобства диалоговой отладки.

– Интерпретатор также входит в систему как встроенная функция, что позволяет программировать свои схемы вычислений, интерпретировать и компилировать динамически сконструированные программы как теперь говорят «на лету».

– В целях обучения выделено концептуальное подмножество (Pure Lisp), достаточное для освоения наиболее важных особенностей языка, и разработан небольшой, но содержательно полный, сборник задач с ответами (240 задач на обработку списков и символьные преобразования формул) для быстрого самостоятельного перехода к программированию на языке.

Многолетняя дружба

В архиве академика А.П. Ершова хранится более 340 документов с упоминанием Дж. Маккарти – это письма и телеграммы, программы встреч и отчеты о них, заметки по следам бесед и встреч на конференциях, проекты и отклики на события, обмен мнениями и идеями относительно перспектив становления и развития программирования [25]. С 1965 года встречи становятся почти ежегодными. Язык Lisp упоминается в большинстве документов того времени – преимущественно Lisp 2 [26-28].

Начиная в декабре 1965 года, по завершении проекта АЛЬФА, продумывать проект БЕТА [29],¹ Андрей Петрович включает Lisp в обзор наиболее интересных языков для решения логических задач. Годом позже [30] Lisp 2 рассматривается как возможный кандидат на выбор основы при разработке БЕТА-языка первой БЕТА-группой. В наброске двухуровневого БЕТА-языка [31] отражена полемика между сторонниками базиса на внутреннем (Lisp) или внешнем (Algol) языке. Независимо от альтернативы операции над списками выбраны как в языке Lisp 1.5. [22] Именно с этого момента и стартует Новосибирский Лисп-проект в рамках дипломной работы Т.С. Янчук [32], материалы для которой были высланы С.С. Лавровым [33].

Татьяна Янчук очень быстро реализовала ядро интерпретатора для Лисп-системы (без «мусорщика»), что позволило инициировать в Новосибирске первые работы по методам автоматизации логического вывода [35] в рамках курсовой работы Л.В. Суковотиной.

Джон Маккарти участвовал в ВКП-2 [36] с докладом "Текущее состояние математической теории вычислений" и активно дискутировал в кулуарных обсуждениях (он хорошо владеет русским языком), разъясняя роль абстрактных построений в теории и практике программирования, особенно при разработке больших программ. После участия в Международном симпозиуме "Проблемы теории программирования" Джон Маккарти и Джекоб Шварц на две недели включились в работы ВЦ СО РАН СССР по реализации языков Лисп и Сетл. [37], что и позволило ему поэкспериментировать с новой реализацией Lisp-системы на БЭСМ-6, разработанной в ВЦ СО АН СССР [38]. Тест, показывает ключевые построения, отличающие язык Lisp от традиционных языков программирования [42].

Переключка друзей выдержала многолетние испытания, и в 1987 году Джон Маккарти принял участие в работе ЛШЮП, традиции которой до сих пор поддерживаются ИСИ СО РАН [46]

Много более давняя и тесная дружба связывает Андрея Петровича Ершова со Святославом Сергеевичем Лавровым. [25,34,42] Научный архив С.С. Лаврова передан на хранение в электронный архив А.П. Ершова.

LISP – БЭСМ-6 (ВЦ АН СССР)

В предисловии к [3] авторы отмечают, что в основу языка Lisp «положены оригинальные идеи, знакомство

¹ В результате проекта АЛЬФА [http://www.iis.nsk.su/files/articles/mozaika_pottosin_alfa.pdf] была создана система АЛЬФА, входным языком которой был ранее разработанный АЛЬФА-язык. Система представляет собой многофазный оптимизирующий компилятор (АЛЬФА-транслятор) с входного языка в код М-20. В системе использовался ряд промежуточных, внутренних языков, разработанных специально для удобства анализа и отдельных преобразований программ.

Замысел проекта БЕТА начинался также с разработки входного языка (БЕТА-язык), но в условиях появления новых серийных ЭВМ. Это привело к идее создания символьного макроассемблера в качестве выходного языка будущей системы БЕТА. Такой макроассемблер, получивший название языка СИГМА, был реализован Г.Г. Степановым [http://www.iis.nsk.su/files/articles/mozaika_stepanov_sigma.pdf]. Язык СИГМА концептуально близок понятию абстрактной машины (АМ) Венской методике [<http://www.vdmportal.org/twiki/bin/view>, Оллонгрэн А. Определение языков программирования интерпретирующими автоматами. Пер.с англ. Серия: Математическое обеспечение ЭВМ. М. Мир 1977г. 288 с. ил.] с некоторым существенным отличием. АМ определяется как языково-ориентированный машинно-независимый семантический базис, реализация которого выполняется отдельно для каждой машины в предположении, что трудоемкость реализации невелика. Язык СИГМА создан как языково-независимое представление программ, допускающее автоматизированную настройку на конкретную машину.

Выполненное первой БЕТА-группой исследование модных новинок в области универсальных языков программирования показало высокую сложность их реализации и внедрения. Возникли основания сосредоточить усилия на создании универсального внутреннего языка (ВЯЗ), унифицирующего средства ряда наиболее значительных универсальных языков и достаточного для оптимизации программ, представленных на разных входных языках. ВЯЗ был разработан и реализован, участниками второй БЕТА-группы для входных языков Симула-67, Паскаль, Модула-2, Ада и выходных машин БЭСМ-6 и СМ-4 [<http://db.iis.nsk.su/pottosin/40/win/cm001.htm>]

с которыми обогащает программистскую квалификацию и культуру и приносит пользу, даже если программист в дальнейшем и не работает с этим языком». По мнению авторов приведенное в книге «описание интерпретатора может служить примером подхода к составлению любых больших программ, т.е. программ, значительно превосходящих по размеру и сложности те программы, которые встречаются в учебных пособиях или излагаются на занятиях по программированию». Далее они констатируют, что «язык лисп устроен так, что он во многих случаях позволяет находить путь к решению задачи постепенно, последовательно сводя ее к более простым задачам».

Немаловажно, что положенные в основу языка «понятия символьного выражения и рекурсивной функции, имеющей такие выражения своими аргументами, определяются очень просто – проще, чем основные понятия большинства других алгоритмических языков». Авторы констатируют, что в Лиспе «наименование функции – это по сути дела разновидность константы, отличающаяся тем, что ее значением является так называемое определяющее выражение некоторой функции». Приняв, что «вся сила языка заключена в возможности свободно пользоваться рекурсивными функциями», авторы нашли реализационные решения, обеспечивающие возможность функциям могут быть аргументами, причем определения функций могут содержать свободные переменные, что приводит к так называемой FUNARG-проблеме: «Значения свободных переменных в момент задания функциональных аргументов и в момент его использования могут отличаться друг от друга. Считается, что при вычислении тела определяющего выражения должны использоваться те значения свободных переменных, которые эти переменные имели во время задания функциональных аргументов, а не те, которые они могли получить позже». При реализации системы изобретено и реализовано оригинальное эффективное решение FUNARG-проблемы, заключающееся в особой разметке областей действия переменных в ассоциативном списке с помощью специального мостика, позволяющего при вызове функциональных аргументов переходить к состоянию ассоциативного списка в момент вызова объемлющей функции. «Среди ячеек, содержащих пары переменная – значение, могут быть вкраплены ячейки, CAR- указатель которых содержит адрес Nil, а CDR- указатель – адрес одной из предшествующих ячеек ассоциативного списка»

Интересным является использование циклических списков для реализации разметки рабочих переменных: «Nillist – адрес циклической списочной структуры, имитирующей бесконечный список, составленный из атомов Nil».

Выражение (EVAL (LIST (QUOTE GO) X)) внутри формы PROG выполняет работу, подобную вычисляемому переходу в языке Fortran.

Средства ввода данных (READ) переводят текстовую форму любого символьного выражения в структуру данных, а средства вывода (PRINT) – печатают свой аргумент, являющийся значением функции, что удобно при отладке программ.

Некоторые реализационные ограничения связаны с организацией списков свойств атомов. Принимая, что «атомы могут быть наделены различными свойствами – атом может быть наименованием переменной, константы или функции или же числом. Функции и числа в свою очередь делятся на классы», в этой системе ради простоты реализации были ограничены средства работы с атомами: хранятся лишь значения и определения функций. Индикаторы свойств реализованы как разряды в информационной ячейке атома.

Приведено описание реализационных механизмов системы (интерпретатор, компилятор, ввод-вывод, форма PROG, арифметика, списки свойств и «уборка мусора»). [3] Язык описания - Algol-60 [4].

В своей биографии С.С. Лавров отмечает «Существенно более успешной была реализация языка Лисп на БЭСМ-6 (совместно с Г.С. Силагадзе). Удалось создать неплохие интерпретатор и компилятор Лиспа. В книге тех же авторов «Язык Лисп и его реализация» (М.: Наука, 1978) описана более совершенная реализация» [41].

На Ростовской молодежной Школе системного программирования (Мелиховка) в 1970 году в стенгазете отмечен «Лавровый Лисп».

Судьба Лиспа в России весьма волновала С.С. Лаврова. Он подготовил серию статей, адресованных старшеклассникам, для журнала «Компьютерные инструменты в образовании» и реализовал новую учебную систему на Паскале [5, 6]

ЛИСП – БЭСМ-6 (ВЦ СО АН СССР)

В конце 1968 года в кабинете А.П. Ершова Джон Маккарти прочел серию лекций, посвященных языку Лисп. Возможность практического применения такого языка на ЭВМ БЭСМ-6 вызывала сомнения у специалистов.

Первая версия реализации Лисп-интерпретатора в Новосибирске, начатая в 1967 году, была прервана из-за обнаруженного несовершенства исходных решений (хэш-таблица атомов оказалась непригодной к удалению объектов). Вторая версия экспериментальной реализации полного Lisp 1.5 в условиях получения пяти минут машинного времени в день, чего с трудом хватало на прогон одной колоды на автокоде, потребовала изрядной изобретательности при выборе результативных проектных и технологических решений. Например, для представления интерпретатора был специально сконструирован язык загрузчика, удачно сочетавший эффективность программирования в кодах с гибкостью символьной обработки. В результате за пять минут вполне удавалось пропустить более пяти колод по 1000 перфокарт. Протокол работы программы начинал печататься моментально, сразу вслед за завершением приема перфокарт. Это определило достаточную результативность отладки Лисп-интерпретатора.

Алгоритмы и реализация были разработаны и отлажены Л.В. Городней. Л.В. Суковатина (Черноброд) выполнила отладку Лисп-арифметики с целью поддержки будущих исследований в области верификации про-

грамм. Производственная версия Лисп-системы существовала в двух вариантах – быстрая и производительная. Для производительного варианта был реализован специальный механизм контроля стека с выгрузкой во внешнюю память. Внутреннее представление выбрано так, чтобы не требовалось при освобождении памяти в случае полных слов привлекать специальную память для разметки. Слова с единицей в разряде, зарезервированном для работы «мусорщика», представляются как отдельный тип данных, что можно рассматривать как перенос этого разряда в поле тега при адресе полного слова.

Работа с атомами поддержана в полном объеме, достаточном для представления любых фреймов. Система поддерживала одновременно английскую и русифицированную лексику. (КАР, КДР, КОНС, СОВП, АТОМ, ЛАМБДА, МЕТКА, КАВЫЧ, УСЛ, ФУНК, НИЛ, И, Л, ИНТЕРП, ЧТЕНИЕ, ПЕЧАТЬ, ПЕЧО, ПЕЧФ, СПИСОК, НИЛС, ДЛИНА, ДОСТ, ЗНАЧ, ПОДПР, СВЫР, СПЕЦВЫР, СПЕЦПОЛПР, ОШИБКА, РЕЖИМ, СБОЙ, КОНЕЦ и др.)

При недостатке закрывающих скобок при чтении по умолчанию завершаются все построенные структуры. В тексте программы в позициях с нулевым балансом скобок можно было ставить символ «;».

Лисп-система на БЭСМ-6 эксплуатировалась практически без изменений почти до 1986 года (до смены элементной базы). О ней имеется косвенное упоминание в книге «Мир Лиспа», один из авторов которой бывал в Новосибирске и очень дотошно вникал во все, относящееся к Лиспу и его применению. [18] Мюнхенский музей Лиспа в качестве экспоната располагает публикацией о новосибирском Лисп-проекте. Основное применение системы - исследования в области верификации программ, эксперименты по организации недоопределенных вычислений и конструированию семантических моделей [13,14].

Стандартизация языка Lisp

В начале 1980-х годов, после осознания кризиса технологии программирования, увлечения Lisp-машинами и поиска эффективных алгоритмов «сборки мусора», произошел спад интереса к проблемам искусственного интеллекта, что сказалось на уменьшении коммерческой поддержки Lisp-проектов. Это побудило ведущие Lisp-группы объединить усилия по стандартизации семейства Lisp-языков с целью повышения их выразительной силы и производительности. [44]

В этом процессе произошел раскол между сторонниками академических (Lisp-1) и производственных (Lisp-2) диалектов языка Lisp. Наиболее заметное различие связано с реализацией принципа представления функций и значений. Для академических диалектов характерна реализация единого пространства адресов для всех категорий хранимых в памяти данных. В 1970-е годы практиковались подходы к расширению доступной памяти посредством организации раздельного адресного пространства для разных категорий данных – программ, значений, стека и т.д. Естественно, что в производственных диалектах возникли реализации с раздельными пространствами для функций, переменных, тегов и т.п. В практике программирования эта разница проявляется в представлении вызовов динамически вычисляемых определений функций. Вместо (fn a1 a2 ...) в программах на производственных диалектах приходится писать (FUNCALL fn a1 a2 ...), т.е. возникает необходимость во встроенной функции FUNCALL, выполняющей перевод данных из одного пространства в другое. Дебаты вокруг противопоставления диалектов Lisp-1 и Lisp-2 не утихли до сих пор. Языки Scheme и Common Lisp – наиболее популярные современные представители направлений Lisp-1 и Lisp-2 соответственно.

Следует отметить, что решения, принятые в системе LISP – БЭСМ-6 (ВЦ АН СССР), по духу близки Lisp-2, а ЛИСП – БЭСМ-6 (ВЦ СО АН СССР) более соответствует Lisp-1.

Заключение

Идеи языка Lisp дали жизнь целому ряду современных парадигм компьютерных языков [47]. Важнейшая из них – парадигма функционального программирования. Эта парадигма впервые полно на русском языке изложена в переводе Л.Т. Петровой [17]. В предисловии к этой книге А.П. Ершов утверждает, что «понять и принять функциональное программирование легче, если рассматривать задачу программирования в ее полном контексте, начиная со спецификации задачи и логического анализа ее разрешимости, побочным продуктом которого является сама программа».

С приходом DEC-совместимой техники многие работы перекочевали на заимствованное программное обеспечение. Переход на диалекты Лиспа, такие как MuLisp и Interlisp, показал, что Лисп-программы менее чувствительны к аппаратным различиям, но зависят от системных вариаций семантики языка. [48,49]

Студенты технических университетов и архитектурных академий практикуют на AutoCAD, языком реализации и входным языком которого является AutoLisp [15,16].

С 1990-х годов стали доступными плоды свободно распространяемого обеспечения, включая систему GNU Clisp. [50]

В середине 1990-х годов Дмитрий Иванов и Арсений Слободюк эффективно и аккуратно реализовали представительное (ок. 500 функций) учебное подмножество языка Common Lisp, соответствующее стандарту X3J13. [51]

Историю отечественных реализаций языка Lisp в новом тысячелетии продолжил Б.Л. Файфель, создавший систему HomeLisp, обеспечивающую программирование в рамках современного Windows-интерфейса, используя средства машинной графики, СОМ-объекты и БЛОБ-объекты, WEB-компоненты, т.е. все, к чему привык современный программист, воспитанный на Visual Studio и Delphi [52]. Система содержит в своем составе

СОМ-библиотеку и два скриптовых движка, позволяющих писать скрипты на Лиспе, а также вызывать Лисп из любой среды, поддерживающей СОМ. Реализована возможность построения автономных EXE-файлов, в т.ч. и с графическим интерфейсом. Поддерживается сверхдлинная арифметика целых. Входной язык этой системы, в основном навеянный идеями С.С. Лаврова и реализацией GNU CLisp, содержит обобщение техники работы с атомами: список свойств можно связать не только с именем, но и с числом. Реализован встроенный редактор, средства дампования, справочная подсистема с полным описанием языка и вспомогательный сервис для начинающих с примерами программирования и шаблонами применения функций.

По меткому выражению Л.В. Черноброд: «Зная Лисп, легко понимать любые языки программирования». Такому применению Лиспа способствует обилие дистанционно доступных любительских сайтов и учебных материалов [53–72].

Список литературы

1. Лавров С.С., Силагадзе Г.С. Входной язык и интерпретатор системы программирования на базе языка ЛИСП для машины БЭСМ-6. - М.: ВЦ АН СССР, 1967.
2. Лавров С.С., Силагадзе Г.С. Входной язык и интерпретатор системы программирования на базе языка ЛИСП для машины БЭСМ-6. - М.: ИТМиВТ АН СССР, 1969.
3. Лавров С.С., Силагадзе Г.С. Автоматическая обработка данных. Язык Лисп и его реализация. - М.: Наука, 1978, 176 с.
4. Лавров С.С. Универсальный язык программирования. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1967 г. 196с
5. Лавров С.С. Функциональное программирование
Компьютерные инструменты в образовании. – 2002, N 2-4
6. Городня Л.В., Лавров С.С.
Функциональное программирование. Принципы реализации языка Лисп
Компьютерные инструменты в образовании. – 2002, N5, с. 49-58
7. Юфа В.М. О новых функциях в системе ЛИСП - ВЗСМ-6. // В сб. «Обработка символьной информации», вып. 4, М.: ВЦ АН СССР, 1978, с. 26-50.
8. Юфа В.М. Развитие системы программирования ЛИСП ВЗСМ-6, обработка символьной информации, вып. I, М.: ВЦ АН СССР, 1973.
9. Семенова Е. Т., Чернов П.И. Использование диалоговой системы LISP/EC в учебном процессе. Тр./ Моск. энерг. ин-та, 1981, вып. 525, с. 23 - 25.
10. Пантелеев А. Г. Об интерпретаторе с языка Лисп для ЕС ЭВМ. — Программирование, 1980, No 3, с. 86-87
11. Лозовский В.С. О некоторых аспектах человеко-машинного диалога. Изв. АН СССР, тех. кибернетика, 1981, с.147-156.
12. Городня Л.В. Реализация Лисп-интерпретатора // Вычислительная математика и программирование. – Новосибирск, 1974, с. 24-35.
13. Городня Л.В. Макетирование программ с помощью тестов и описаний. // В сб «Языки и системы программирования», Новосибирск, 1981, с. 115-123.
14. Городня Л.В. Некоторые диалекты Лиспа и сферы их применения. // В сб. «Трансляция и преобразования программ», Новосибирск, 1984, с. 29-39.
15. Гладков С.А. Программирование на языке автолисп в системе САПР Автокад – М.: «Диалог-МИФИ», 1991. – 96 с.
16. Хейфец А. Л. Инженерная компьютерная графика. AutoCAD // СПб.: БХВ-Петербург, 2007. - 316 с.
17. Хендерсон П. Функциональное программирование М.: Мир, 1983
18. Хьювенен Э., Сеппанен Й. Мир Лиспа., т.1,2 М.: Наука, 1994
19. Файфель Б.Л. Реализация HomeLisp. <http://m.habrahabr.ru/post/83587>
20. Маурер У. Введение в программирование на языке ЛИСП. – М.: Мир, 1976.
21. John McCarthy. Recursive Functions of Symbolic Expressions and Their Computation by Machine. Communications of the ACM, April 1960.
22. John McCarthy et al. LISP 1.5 Programmers Manual. MIT Press, 1962.
23. Lisp 1. Programmer's Manual. Massachusetts, 1960. 156 p.
24. Mitchell, R.W., "LISP 2 Specifications Proposal", Stanford Artificial Intelligence Laboratory Memo No. 21, Stanford, Calif., 1964.
25. А.П. Ершов – С. Лаврову - http://www.iis.nsk.su/news/events/20050419_ershov/poems
26. Электронный архив академика А.П. Ершова – <http://ershov.iis.nsk.su>
27. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=12704&fileid=93930>
28. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=13034&fileid=112612>
29. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=13085&fileid=112594>
30. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=12774&fileid=93883> документ о макроассемблере, позднее реализованном как язык Сигма
31. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=13674&fileid=93994>
32. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=13828&fileid=131858>
33. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=4340&fileid=88413> письмо С.С. Лаврову с просьбой выслать материалы по Лиспу.
34. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=19862&fileid=129519>
35. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaindex.asp?lang=1&did=3966> ответ С.С. Лаврова на просьбу выслать материалы по Лиспу.
36. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=109&fileid=78913> документ с упоминанием уровня готовности Лисп-интерпретатора без мусорщика
37. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=11038&fileid=104634> Фотография Дж. Маккарти на банкете ВКП-2
38. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=4901&fileid=88923>

39. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=4904&fileid=88920> телеграмма о приезде Дж. Маккарти на симпозиум по теории программирования
40. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=19653&fileid=129296> телеграмма о возможности визита Дж. Маккарти в Москву и Новосибирск
41. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=15347&fileid=120789> записка (автограф), написанная Дж. Маккарти во время визита Новосибирск
42. Посвященный С.С. Лаврову раздел сайта ИСИ СО РАН – <http://db.iis.nsk.su/persons/lavrov/biography.shtml>
43. Поздравление Дж. Маккарти с 75-летием на сайте ИСИ СО РАН – <http://www.iis.nsk.su/news/events/mccarthy/>
44. Steele G.L.Jr, Gabriel R.P. The Evolution of Lisp - <http://www.dreamsongs.com/NewFiles/Hopl2.pdf>
45. Stoyan H. The Influence of the Designer on the Design – J. McCarthy and LISP. *Artificial Intelligence and Mathematical Theory of Computation*, p.409-426, Academic Press, 1991.
46. Сайт Летней школы юных программистов ИСИ СО РАН – <http://school.iis.nsk.su>
47. Городняя Л.В. Функциональный подход к описанию парадигм программирования //Новосибирск, ИСИ СО РАН. Препринт 152. 2009. 66 с.
48. <http://education.ti.com/us/product/software/derive/features/derivemulisp.html>
49. <http://www.thefullwiki.org/InterLisp>
50. GNU Clisp - <http://www.clisp.org/>
51. <http://www.ich.dvo.ru/~nmr/ylisp/>
52. <http://homelisp.ru/>
53. <http://www.softwarepreservation.org/projects/LISP/>
54. <http://miser-theory.info/readings/theory.htm>
55. [http://files.d-popov.ru/botva/tomilin/answers-3%20\(1\).pdf](http://files.d-popov.ru/botva/tomilin/answers-3%20(1).pdf)
56. <http://www.math.spbu.ru/csc/Memo30.pdf>
57. Lisp.Ru – Клуб программистов на языке Лисп.
58. <http://www8.informatik.uni-erlangen.de/html/lisp-enter.html>
59. http://history.siam.org/sup/Fox_1960_LISP.pdf
60. http://www.teleology.ru/ru/projects_ru/informatics_ru/programming_ru/lisp_ru
61. <http://groups.google.com/group/fido7.ru.lisp/>
62. lisp.org — Ассоциация пользователей Лисп
63. lisp.narod.ru — Начальные сведения о языках Лисп-семейства на русском
64. <http://www.cardarmy.ru/proekt/lisp/art2.htm> - учебник
65. lisp.tomsk.ru — Лисп-портал
66. <http://traditio.ru/wiki/LISP>
67. <http://www.intuit.ru/department/pl/lisp/>
68. <http://www.intuit.ru/department/pl/funcpl/>
69. <http://www.intuit.ru/department/se/paradigms/>

Эстафета поколений в развитии уникальной школы компьютерных систем в Московском энергетическом институте

Дзегеленок И.И., Ладыгин И.И., Поляков А.К.
Кафедра вычислительных машин и систем МЭИ (ТУ), Москва
ladyginii@mail.ru

Аннотация. Статья повествует о вкладе выпускников Московского энергетического института в становление отечественной вычислительной техники и ее дальнейшее развитие. Приводятся малоизвестные факты о 50-летней плодотворной деятельности уникальной школы вычислительных систем, образованной на факультете автоматики и вычислительной техники под руководством профессора А.Г. Шигина. Отмечаются дочерние научно-технические школы, продолжающие эстафету поколений выпускников МЭИ.

The Succession of Generations in Developing a Unique School of Computer Systems in the Moscow Power Engineering Institute

Dzegelenok I., Ladygin I., Polyakov A.
Computer Science Department, MPEI (Technical University), Moscow

И. В известной книге проф. А. Частикова «Архитекторы компьютерного мира» [1] среди представленных читателю всемирно известных изобретателей и конструкторов цифровых ЭВМ, таких как Джон фон Нейман, Сеймур Крей, Джим Амдал, Гордон Белл, пятеро: Николай Петрович Брусенцов, Башир Искандерович Рамеев, Михаил Александрович Карцев, Николай Яковлевич Матюхин, Георгий Павлович Лопато – бывшие студенты МЭИ! Вот почему именно можно утверждать, что МЭИ сыграл важную роль в становлении и развитии отечественной вычислительной техники. Этот вклад относительно других технических университетов в создание ЭВМ не только 1-го поколения, но и практически всех последующих поколений, наиболее заметен и достаточно весом.

Подтверждением этих слов является впечатляющий ряд отечественных вычислительных машин и систем с уникальной для своего времени архитектурой. Этот ряд представляют: трёхадресные машины серии «Урал» («Урал-1» – «Урал-16») 1-го и 2-го поколений, двухадресные – «М-2», «М-4», серия «Минск» («Минск-1» – «Минск-16», «Минск-32») 1-го, 2-го и 3-го поколений, 1-я и единственная в мире троичная – «Сетунь-70», многопроцессорные – «М-9», «М-10», «М-13» (3-го и 4-го поколений), многомашинная система «Минск-222», многомашинные комплексы «Эльбрус-1», «Эльбрус-2» и, наконец, масштабируемая многопроцессорная система «МВС-1500» с рекордной для России производительностью (1 Tflops). Осталось добавить, что все эти столь нужные для народного хозяйства, промышленности и обороны нашей страны машины были созданы под началом бывших студентов и выпускников МЭИ. Причем многие из них, будучи чл.-корр. Академии наук СССР, профессорами МЭИ, охотно делились секретами своего мастерства.

Большое влияние на повышение уровня преподавания в МЭИ оказали и продолжают оказывать сформированные в МЭИ научные школы по важнейшим направлениям развития вычислительной техники. Одна из них – базовая школа компьютерных систем, образованная в 60-е годы и дееспособная поныне, о чем далее пойдет речь.

1-я историческая веха – это приглашение на преподавательскую работу «самого» Сергея Алексеевича Лебедева, получившего мировое признание основоположника отечественной компьютерной индустрии. В 1996 г. С.А. Лебедеву была присуждена (вручена его семье) медаль «Пионер компьютерной техники» (*Computer Pioneer*). Это самая престижная награда IEEE Computer Society. Условие награждения: главный вклад должен быть сделан не менее 15-ти лет назад. На лицевой стороне медали – барельеф Чарльза Бэббиджа¹, на обратной – формула награждения: «Founded Soviet Computer Industry».

Вы спросите: – «Так какое же отношение имел С.А. Лебедев к МЭИ?» Оказывается, непосредственное. В середине 50-х годов он был приглашен к нам для чтения лекций по абсолютно новой дисциплине «Вычислительные машины дискретного действия» или, сокращенно, «ВМДД». К нему обратились не случайно. До этого Лебедев уже работал преподавателем в МЭИ на кафедре релейной защиты и автоматизации электрических систем, ну а главное, он достиг наивысшей квалификации в области, мало кому тогда известной. Лекции по ВМДД он читал по своей изданной малым тиражом книге «Арифметическое устройство МЭСМ» (см. фото 2).

Ещё один исторический факт. Деканом образованного в 1958 году факультета АВТ был профессор Анатолий Владимирович Нетушил – авторитетный учёный по электротехнике. И оказывается, официальным оппонентом его кандидатской диссертации был С.А. Лебедев. Тема диссертации звучала так: «Анализ триггерных элементов быстродействующего счётчика импульсов». Это ещё один пример, подтверждающий вполне определённое влияние электротехнической мысли на зарождение вычислительной техники.

В те далёкие годы ещё не было должного понимания огромной значимости вычислительной техники. Многим казалось, что ЭВМ – всего лишь большой арифмометр. То, что он *сам* считает по заданной программе – уже хорошо, а скорость счёта не так уж и важна. Бытует и такая легенда. В МЭИ в фойе (или на «филодроме», как его с юмором называли бывалые студенты) 2-го этажа главного корпуса «В» было решено продемонстрировать дей-

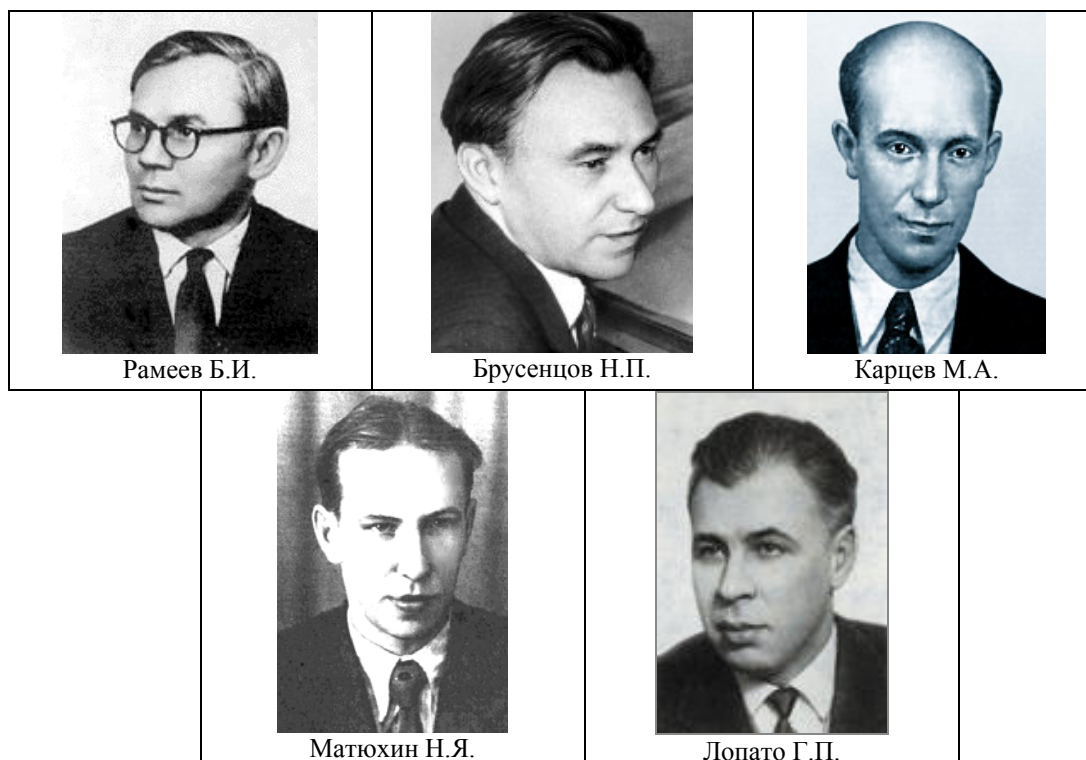
¹ Чарльз Бэббидж (1791–1871) – английский изобретатель, автор первой в мире счетно-аналитической машины – прообраза современных цифровых вычислительных машин с программным управлением.

ствующий макет МЭСМ. Демонстрация прошла на редкость успешно. Но один из членов авторитетной комиссии призадумался и изрёк: «100 операций в секунду – слишком быстро. Так ваша машина перерешает все задачи». Мол, и пищи для электронных мозгов не будет. В наши дни столь самоуверенное заявление воспринимается как шутка. Тем более, тогда трудно было понять, что на ЭВМ могут решаться не только арифметические задачи. Выход из этого мрака могла подсказать только Наука. И такая наука обрела ясные очертания в эпохальной книге американского математика Н. Винера «Кибернетика или связь в животном и машине», изданной в 1948 году. Но, увы, она не дошла до советского читателя, поскольку попала на полки спецхрана.

Нужно было переломить столь сильное заблуждение. Это мог сделать только авторитетный и влиятельный учёный. К счастью, нашей стране повезло. Академик Аксель Иванович Берг выполнил великую миссию. Академик А.И. Берг часто приезжал в МЭИ с интересными просветительскими лекциями по проблемам кибернетики. Каждая его лекция была событием общеполитического масштаба. Как правило, они проходили в Большом актовом зале. Насколько я помню, на одной из таких лекций Аксель Иванович демонстрировал на скрипке машинные мелодии, «сочинённые» ЭВМ. После его выступлений на кафедрах проходили оживлённые семинары по таким перспективным направлениям кибернетики, как бионика, психоника, робототехника, семиотика, математическая лингвистика.

О том, какие серьёзные работы были выполнены учёными нашей страны и МЭИ, в частности, можно судить по сборнику научных трудов «Кибернетика на службу коммунизму», периодически издававшегося в издательстве «Энергия» под общей редакцией А.И. Берга. Только сейчас мы можем сказать: если бы не активная позиция выдающегося ученого А.И. Берга, то развитие информатики в нашей стране было задержано на несколько десятилетий.

Как уже было замечено выше, большая часть творцов отечественных ЭВМ 1, 2 и даже 4-го поколений, являлась выпускниками МЭИ. Прежде всего, отметим архитекторов компьютерного мира, получивших мировое признание при создании цифровых вычислительных машин, по меньшей мере, первых двух поколений.



Рамеев Башир Искандерович (1918–1994) – в 17 лет стал членом Всесоюзного общества изобретателей. Экстерном сдал экзамены за 10 класс средней школы и поступил в МЭИ. Не смог окончить МЭИ, поскольку был репрессирован отец. Стал самоучкой – изобретателем. А. И. Берг помог ему устроиться на работу в Энергетический институт АН СССР, где велась проработка проекта цифровой ЭВМ под руководством И.С. Брука.

Брусенцов Николай Петрович (1925 г. р.) – окончил радиотехнический факультет (РТФ) МЭИ в пору, когда деканом был академик В.А. Котельников. Является идеологом, разработчиком и руководителем проекта первой в мире троичной ЭВМ «Сетунь». Создание машины предвосхитило появление современных машин с RISC-архитектурой и унифицированным набором укороченных команд. Приведем высказывание Николая Петровича: «истинная RISC-архитектура может быть только троичной». Но пока эта мысль остается загадкой для зарубежных деятелей компьютерной индустрии.

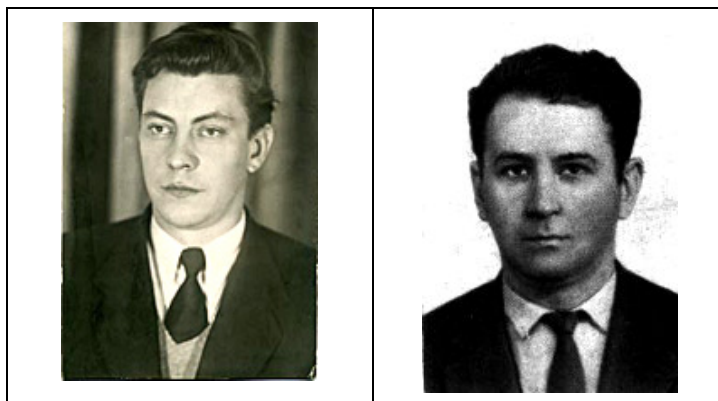
Карцев Михаил Александрович (1923–1983) – окончил РТФ МЭИ в 1953 г. Руководил разработкой М-4 в Энергетическом институте АН СССР. В 1969 г. осуществил дерзкий проект суперЭВМ М-9, позволяющей выполнять операции не над числами, а над функциями одного и двух аргументов. Его главное детище – машина

М-10, являющаяся многопроцессорной системой с синхронной арифметикой. Созданная в начале 1970-х годов, она была первой в СССР суперЭВМ. Ее производительность достигала 30 Mflops, архитектурно она превосходила американскую суперЭВМ «Cray-1» и использовалась в качестве ядра систем противоракетной обороны. Михаил Александрович на протяжении нескольких лет преподавал в МЭИ на кафедре ВТ МЭИ.

Матюхин Николай Яковлевич (1927–1984) – с отличием окончил РТФ МЭИ в 1950 г. Будучи студентом, получил 2 авторских свидетельства на передатчик УКВ диапазона. В аспирантуру МЭИ его не приняли из-за того, что в 1937 г. был репрессирован его отец. Матюхин был направлен в Энергетический институт АН СССР к И.С. Бруку, возглавлял группу разработчиков М-1 (1952 г.). В 1957 г. независимо от работ М.В. Уилкса в Англии предложил принцип микропрограммного управления, реализованный в машинах «Проминь», «Наири», «Мир». Последние его разработки связаны с объединением ЭВМ в сеть. Он внес большой вклад в создание инструментальных средств автоматизированного проектирования, известен как разработчик языка МОДИС для моделирования цифровой аппаратуры на различных этапах ее создания. Профессор кафедры ВТ МЭИ, чл.-корр. АН СССР.

Лопато Георгий Павлович (1924–2003) – окончил электрофизический факультет МЭИ. Создатель семейства машин серии «Минск». Под его руководством и при непосредственном участии создано, а по сути дела, изобретено 15 моделей ЭВМ «Минск». В ЭВМ «Минск-32» впервые были реализованы средства обеспечения мультипрограммной работы (одновременно до четырех программ), а также связи с внешними объектами, что открыло возможность создания многомашинных комплексов. В 1979 г. Г.П. Лопато был избран чл.-корр. АН СССР, а в 2000 г. удостоен высшей награды Всемирного компьютерного сообщества – медали «Пионер компьютерной техники» (*Computer Pioneer*) с формулировкой: «For pioneering development in Belarus of the Minsk series computers, of the multicomputer complexes».

Приведенные «книжные» примеры далеко не исчерпывают характеристику элиты выпускников МЭИ, выполнявших правительственные задания по созданию уникальных и во многом оригинальных средств вычислительной техники. Сколько-нибудь подробно рассказать обо всех очень сложно. Поэтому мы ограничимся перечислением следующих, пожалуй, наиболее ярких имен с указанием основных видов их созидательной деятельности. Прежде всего, это выпускники МЭИ, высочайший уровень деятельности которых подтверждается их избранием в состав действительных членов АН СССР и РАН.



Выпускники МЭИ В.А. Мельников, В.С. Бурцев (слева направо) – будущие академики РАН, долгое время работавшие в ИТМиВТ под началом академика С.А. Лебедева

Мельников Владимир Андреевич (1928–1993) – академик РАН. Окончил МЭИ по специальности «Автоматика и телемеханика». Будучи студентом, начал работать в ИТМиВТ. Руководил разработкой БЭСМ-2, которая была воспроизведена в Китае. Главный конструктор БЭСМ-6. Как тогда было заявлено, это машина поколения «2.5». В 1969 г. Мельников приступил к созданию вычислительного комплекса АС-6, который использовался совместно с БЭСМ-6 при выполнении международной космической программы «Союз-Аполлон». С 1983 г. – директор созданного им Института кибернетики АН СССР. В 1986 г. – главный редактор журнала «Информатика и образование».

Бурцев Всеволод Сергеевич (1927–2005) – академик РАН. Так же как и Мельников, еще до окончания МЭИ начал инженерную деятельность в ИТМиВТ под началом С.А. Лебедева. Тема его дипломного проекта – «БЭСМ-1». За создание ЭВМ М-40 и М-50 для систем противоракетной обороны вместе с С.А. Лебедевым стал лауреатом Ленинской премии. Созданная под его руководством ЭВМ 5Э92Б столь эффективно решала задачи противоракетной обороны страны, что послужила основой для заключения международных договоров с США. В.С. Бурцев приобрел известность как крупнейший специалист в области создания высокопроизводительных ЭВМ, среди которых «Эльбрус-1» и «Эльбрус-2». С 1993 года вел перспективные разработки по созданию потоковой ЭВМ типа «data-flow» с нетрадиционной архитектурой и ассоциативной памятью.

Концентрированным выражением идей, принципов организации вычислений, а также отработанных на практике оригинальных архитектурных решений является и такое сложившееся направление развития вычислительной техники, как создание суперкомпьютерных систем. К этому направлению причастен выпускник МЭИ – академик Левин В.К.

Левин Владимир Константинович (1929 г. р.) – окончил МЭИ в 1950 г. Чл.-корр. АН СССР (1987), чл.-корр. РАН (1991), действительный член (академик) РАН (2003), лауреат Ленинской премии и Государственных премий СССР и РФ, участник и руководитель разработок нескольких поколений высокопроизводительных вычислительных систем. В 1960–1967 г. был главным инженером КБ радиопромышленности, впоследствии НИИ «Квант» и заместителем директора Научно исследовательского центра электронной вычислительной техники (НИЦЭВТ). В 1978–96 гг. – директор НИИ «Квант», в настоящее время – его научный руководитель. В качестве Генерального конструктора участвовал в создании вычислительного кластера МВС-1500М, состоящего из 384 узлов (768 процессоров) с пиковой производительностью в 1 Tflops.

Среди часто повторяемых имен мы как-то не замечаем тех, кто верой и правдой служил или служит делу великих. Эту несправедливость постараемся хотя бы частично устранить, приведя далеко не полный список ученых – сподвижников из числа выпускников МЭИ, высочайший профессионализм которых обеспечил практическую реализацию новых, а то и новейших (для своего времени) средств вычислительной техники. Прежде всего, это чл.-корр. РАН, доктор физико-математических наук Юрий Иванович Митропольский. Он окончил МЭИ в 1958 г., с 1963 г. по 1985 г. работал в ИТМиВТ, где принимал участие в разработке БЭСМ-6. Перейдя в Институт проблем кибернетики РАН, работал над созданием «Электроники СС БИС» в качестве заместителя главного конструктора. В настоящее время – заместитель директора Института высокопроизводительных вычислительных систем РАН, где продолжает работы в области проектирования мультиархитектурных суперкомпьютерных систем. Среди заслуженных имен и такие наши выпускники:

- д.т.н. Андрей Александрович Берс (ИСИ им. А.П. Ершова СО РАН);
- д.т.н. Андрей Андреевич Соколов (ИТМиВТ);
- д.т.н. Тамара Миновна Александриди (МАДИ);
- д.т.н. Валентин Николаевич Лаут, (ИТМиВТ);
- д.т.н. Марк Валерианович Тяпкин, (ИТМиВТ);
- д.т.н. Вадим Яковлевич Пыхтин, (НИИ ЭВМ, Минск);
- д.т.н. Александр Александрович Крупский (НИИВК им. М.А. Карцева);
- к.т.н. Юрий Васильевич Рогачев (директор НИИ ВК им. М.А. Карцева с 1983 г. по 1988 г.)
- д.т.н. Юрий Сергеевич Ломов (НИЦЭВТ)
- д.т.н. Евгений Александрович Кривошеев (ИТМиВТ) и многие другие.

Просвещенный читатель сможет, по-видимому, продолжить вышеприведенный список.

II. Феномен МЭИ в подготовке целой плеяды талантливых архитекторов компьютерного мира не пропал даром. Он нашел свое воплощение, прежде всего, в стенах МЭИ. Это позволяет утверждать о выдающейся роли МЭИ, в частности, факультета, а ныне Института автоматики и вычислительной техники в развитии отечественной школы компьютерных наук. В 1940–60 годы МЭИ славился своей электротехнической школой и высоким уровнем преподавания технических наук, в частности, радиотехники.

Но не только в этом заключалось счастливое стечение обстоятельств. Разработчик первой в СССР вычислительной машины академик Сергей Алексеевич Лебедев работал в МЭИ на только что образованной кафедре вычислительной техники. Лебедев в то время жил в Киеве, создавая первую в Европе электронную вычислительную машину МЭСМ. Каждую неделю он приезжал в МЭИ для чтения лекций по курсу «Вычислительные машины дискретного действия». Лекции были секретными и конспектировались студентами в специальных тетрадях. Впоследствии Лебедев окончательно переехал в Москву и вскоре стал директором Института точной механики и вычислительной техники АН СССР (ИТМиВТ). Его преемником по преподаванию в МЭИ принципов построения вычислительных машин дискретного действия (ВМДД), как тогда назывались ЭВМ, стал **Анатолий Георгиевич Шигин** (1922–1997).

Анатолий Георгиевич обладал твердым характером, юношеским задором, внешним обаянием, умел зажигать своими идеями окружающих, не боялся начальства, умел устанавливать контакты с влиятельными людьми. Ему во многом помогала закалка фронтовика-десантника, ну и, конечно же, счастливое стечение обстоятельств. По окончании войны он продолжил учебу в МЭИ и уже в 1952 г. защитил кандидатскую диссертацию. Для того времени его защита была сенсацией, поскольку была посвящена созданию устройств ЭВМ на импульсной системе элементов. Оказалось, что его диссертация по изучению принципов реализации узлов ЭВМ – одна из первых в СССР. Особо следует подчеркнуть, что в МЭИ (точнее на АВТФ) под его руководством работала самая большая научная группа. В 1960 – 1970 годах число штатных сотрудников научной группы достигало 45 человек. Наряду с важнейшими научно-исследовательскими разработками, которые выполнялись по постановлению Правительства, в группе велись серьезные опытно-конструкторские разработки. Приведем наиболее значительные разработки, выполненные с активным участием и под руководством Шигина.

- Проект оригинальной управляющей вычислительной машины для завода синтетического каучука в Воронеже.
- Действующее устройство «Датчик высокоточных интервалов времени», который был запущен в серийное производство и экспонировался на ВДНХ и международной выставке в Италии.
- Устройство сокращения избыточности информации;
- Действующая ЭВМ «БЭТА-65» с нетрадиционной архитектурой.

БЭТА-65 заслуживает особого внимания. Это была первая в СССР машина с безадресной системой команд (удивительно, но это так!) и магазинной памятью. По внешним характеристикам машина была близка к промышленно выпускаемой БЭСМ-4, а по уровню организации значительно превосходила ее. Эффект магазинной

памяти проявлялся в ускорении процесса трансляции программ с языка высокого уровня (расширения АЛГОЛ-60), а также при выполнении алгебраических выражений и обращении к подпрограммам. Проект машины защищен авторскими свидетельствами. Сама же машина в 1969 г. была принята авторитетной Межведомственной комиссией с высокой оценкой и эксплуатировалась на кафедре ВТ в течение 11 лет. Это было уникальное явление в практике высшего образования. Тогда о машине среднего класса (типа БЭСМ-4) кафедра не смела и мечтать. Оставалось одно: сделать машину своими руками, а прежде всего головой. Думается, Анатолий Георгиевич сознательно пошел на это.

Не секрет, что будущие академики В.С. Бурцев и В.А. Мельников, бывшие дипломники Анатолия Георгиевича, были направлены им в ИТМиВТ «к Лебедеву» для практической реализации своих дипломных проектов. Под началом Анатолия Георгиевича в 1960–1980 годах сложился достаточно сильный научный коллектив. Кратко этот коллектив именовался «Группа ОНИР Шигина», работать в которой было престижно. Исследования проводились широким фронтом практически по всем известным в те годы актуальным направлениям:

- Совмещение машинного цикла ЭВМ (А.А. Берс, А.Г. Шигин);
- Эффективность выполнения арифметических операций (Д.А. Поспелов);
- Логическое проектирование цифровых устройств (В.А. Горбатов);
- Структуры запоминающих устройств (А.Б. Фролов, А.Г. Шигин);
- Языки и средства параллельного программирования (В.П. Кутепов);
- Архитектура и управление ЭВМ с магазинной памятью (Г.М. Кольнер);
- Языки высокого уровня и их структурная интерпретация (В.Н. Фальк);
- Трансляция программ с языков высокого уровня (В.М. Смирнов);
- Имитационное моделирование ЭВМ (А.К. Поляков);
- Обеспечение надежности ЭВМ (И.И. Ладыгин);
- Сокращение избыточности обрабатываемых данных (В.Ю. Герасимов);
- Управление экспериментом на имитационных моделях ЭВМ (А.Н. Дорошенко);
- Статистическое исследование ЭВМ (Л.Г. Комарцова);
- Аналитическое моделирование ЭВМ (С.Ф. Яшков);
- Методы и средства поискового проектирования ЭВМ (И.И. Дзегеленок).

Опираясь на результаты этих работ, Анатолий Георгиевич в конце 60-х годов выделил структурное проектирование как наиболее яркое, весомое и содержательное направление в создании ЭВМ новых поколений. Учитывая возрастающую сложность ЭВМ, главная ставка была сделана на создание теории, методов и средств автоматизированного проектирования. Большой резонанс получили работы в области создания средств автоматизации имитационного моделирования. Определенный успех был достигнут А.К. Поляковым. Ему удалось разработать систему автоматизации моделирования и соответствующий язык АВТОКОД-М, обеспечивающий несколько смежных этапов проектирования ЭВМ. Что же касается работ по планированию эксперимента на моделях, то они привели к рождению неординарного по тем временам направления, получившего крещение, с подачи Анатолия Георгиевича, как активное программное моделирование. Столь серьезные результаты, конечно же, требовали всестороннего обсуждения в части их практического воплощения. Этой цели служил общегородской научно-технический семинар, проводившийся в МЭИ на протяжении 5 лет под руководством А.Г. Шигина и чл.-корр. РАН Н.Я. Матюхина. Как уже отмечалось, сильной чертой Анатолия Георгиевича было желание и умение работать с людьми. Среди его заслуг – привлечение к работе на кафедре ВТ МЭИ в качестве совместителей выдающихся отечественных ученых – пионеров вычислительной техники СССР, таких как М.А. Карцев, Н.Я. Матюхин, Э.В. Евреинов, А.И. Китов, З.М. Бененсон и др.

Китов Анатолий Иванович (1920–2005) – д.т.н., профессор, внес большой вклад в создание систем автоматизированного управления. Автор первых отечественных учебников по ЭВМ и программированию. А.И. Китов был одним из ведущих отечественных ученых в области создания информационно-поисковых систем, алгоритмических языков, методов ассоциативного программирования.

Бененсон Залман Михайлович (1922–2007) – д.т.н., профессор, с 1958 по 1970 год являлся заместителем по науке генерального конструктора МНИИПА². Под его руководством была разработана и принята на вооружение крупнейшая автоматизированная система обработки радиолокационной информации и управления ПВО страны. С 1970 по 1985 год З.М. Бененсон работал заведующим лабораторией на ЦКБ «Алмаз».

III. Научную школу профессора А.Г. Шигина можно по праву назвать уникальной не только по широте охвата computer science и долголетию (50 лет!), но и по степени влияния на образование дочерних, самостоятельных школ. Прежде всего, отметим две дочерние научные школы, сформированные бывшими сотрудниками Группы ОНИР Шигина.

Научная школа Дмитрия Александровича Поспелова – д.т.н., профессора, Лауреата международной премии им. Джона фон Неймана, академика РАЕН. Основное направление деятельности школы – проблемы искусственного интеллекта. Дмитрий Александрович на протяжении 10-ти лет был бессменным председателем

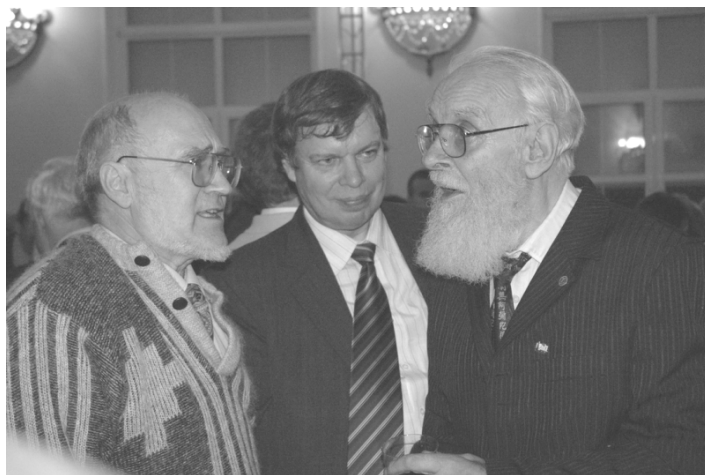
² ОАО Московский НИИ приборной автоматики (бывший Институт № 5 Главного артиллерийского управления Министерства обороны СССР) – советское/российское предприятие, основанное в 1932 году для разработки комплексов средств автоматизации и управления.

Российской ассоциации искусственного интеллекта, внес большой вклад в создание и развитие теории семиотического управления большими системами. Своим лекторским мастерством Дмитрий Александрович завораживал огромные аудитории, привлекая к решению сложнейших проблем талантливую молодежь.

Школа Вячеслава Афанасьевича Горбатова (1938–2010) – д.т.н., профессора, Лауреата международной премии им. Джона фон Неймана, академика РАЕН. Главное направление деятельности его школы – автоматизация проектирования систем логического управления. Основой школы Горбатова является сделанное им открытие – теория характеристического синтеза дискретных систем. Его научные результаты представлены более чем в 400 публикациях. Он является автором 35-ти книг, в том числе 18-ти монографий, ряд которых переведен на английский, немецкий, испанский, китайский, болгарский и польский языки. Школой академика Горбатова подготовлено свыше 100 кандидатов и докторов наук в области информатики, вычислительной техники и экономики.

Все эти научные школы выросли, живут и продолжают свое развитие за пределами МЭИ. А в самом МЭИ существуют, действуют и продолжают образовываться научные школы, возглавляемые учениками А.Г. Шигина. Здесь мы отметим одну из них, которая является, пожалуй, наиболее яркой в МЭИ на протяжении последних 20-ти лет. Это школа д.т.н., профессора Виталия Павловича Кутепова, которая успела вырастить и воспитать целую плеяду талантливых ученых в области параллельного программирования. Было время, когда о параллельном программировании мало кто слышал, а если кто и слышал, то сомневался: а нужно ли оно вообще? Сейчас сомнения позади. Суперкомпьютерные системы и технологии у многих (по крайней мере, в МЭИ) на слуху. Большим событием явилось приобретение в МЭИ суперЭВМ в виде кластера, состоящего из многоядерных рабочих станций, пиковая производительность которого достигает 280 GFops. По инициативе В.П. Кутепова и при активном участии профессора И.И. Ладыгина создан Центр суперкомпьютерных технологий.

Можно отметить и такие вполне сложившиеся научные школы, как школа профессора Александра Борисовича Фролова, развивающего оригинальные методы конечной топологии сложных объектов и эллиптической криптографии. Не меньший интерес представляет школа профессора Вадима Николаевича Вагина, являющегося прямым «наследником» школы Д.А. Поспелова в области создания интеллектуальных систем правдоподобного вывода. Еще одно яркое наследие Д.А. Поспелова – школа профессора Александра Павловича Еремеева, признанного специалиста в области создания экспертных систем и средств технической диагностики. В свою очередь из упомянутой школы В.П. Кутепова образовалась пока еще молодая школа Вадима Николаевича Фалька – создателя ряда теоретических обобщений компьютерных архитектур.



Историческая встреча представителей трех поколений школы А.Г. Шигина:
д.т.н., профессора Ю.П. Кораблин, В.Н. Фальк, А.А. Берс

Образование научных школ – не самоцель, главное – их рост, развитие и влияние на воспитание высококвалифицированных специалистов, востребованных в России. В заключение приведем слова нашего Учителя – профессора А.Г. Шигина: «Без ведения серьезной научной работы коллективом преподавателей вуза не может быть качественной подготовки специалиста ни в какой отрасли знаний а тем более, в области компьютерных наук».

Список литературы

1. Частиков А. Архитекторы компьютерного мира. – СПб: ВХВ–Петербург, 2002. – 384 с.
2. Малиновский Б.Н. История вычислительной техники в лицах. – Киев: Изд-во «А.С.К.», 1995
3. Малиновский Б.Н. Академик С. Лебедев. – Киев: Наукова думка, 1992, – 192 с.
4. Виртуальный компьютерный музей Э.М. Пройдакова – <http://www.computer-museum.ru>
5. Институт автоматизации и вычислительной техники Московского энергетического института. 1958–2008 г.; под ред. Лунина В.П. и Колосова О.С. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008.
6. Дзегеленок И.И. Исключительная роль МЭИ в становлении и развитии отечественной вычислительной техники // Научно-технический журнал «Информационная математика». – М.: Издательство «АСТ– Физико-математическая литература», №1(4), 2004, с. 7–20.
7. Вычислительному центру РАН – 50 лет. Сборник. – М.: Изд-во РАН, 2009..

История разработки системы речевого управления интеллектуальным роботом

Загорулько Ю.А.

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск
zagor@iis.nsk.su

Аннотация. Описываются основные этапы и результаты проекта, направленного на создание системы речевого управления интеллектуальным роботом. В этом проекте, выполнявшемся в 1997–1999 гг., участвовали Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН (ИСИ СО РАН, Новосибирск), Российский НИИ искусственного интеллекта (РосНИИ ИИ, Москва – Новосибирск) и германский Институт прикладных систем обработки знаний (FAW, Ulm). В докладе представлена архитектура системы речевого управления интеллектуальным роботом и схема ее функционирования. Система состоит из следующих компонентов: подсистемы речевого ввода, лингвистического процессора, транслирующего команды на английском языке в формальное представление, робота и синтезатора речи, озвучивающего его сообщения. Подсистема речевого ввода построена на основе промышленного программного пакета распознавания речи IBM ViaVoice. Для синтеза речи использована стандартная программная компонента Microsoft Concatenated Text-to-Speech Engine. Лингвистический процессор построен с помощью инструментальной системы Lingua-F. В экспериментах, проводимых в российских институтах, робот моделировался симулятором, реализованным средствами интегрированной программной среды Semp-TAO.

Ключевые слова: интеллектуальный робот, система речевого управления, команды на естественном языке, анализ речи, синтез речи, лингвистический процессор, симулятор робота.

The History of Development of a Voice System for Controlling an Intelligent Robot

Zagorulko Yu.

A.P. Ershov Institute of Informatics Systems
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
zagor@iis.nsk.su

Abstract. The paper presents the main stages and results of the project aimed at creation of a voice system for controlling an intelligent robot. A.P. Ershov Institute of Informatics Systems of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IIS SB RAS, Novosibirsk), the Russian Research Institute of Artificial Intelligence (RRAI, Moscow – Novosibirsk) and the Institute of Applied Knowledge Processing Systems (FAW, Ulm) participated in this project which was implemented during 1997–1999. An architecture and operation principles of the system are considered. The system includes the following components: speech input subsystem, linguistic processor that translates English commands into a formal representation, robot and the speech synthesizer that announces the robot's messages. The speech input subsystem is based on ViaVoice, a speech recognition package produced by IBM. Speech synthesis uses a standard Microsoft software component (Concatenated Text-to-Speech Engine). The linguistic processor is constructed with the help of the Lingua-F instrumental system. In the release version of the system the robot is represented by a simulated model which was implemented in the Semp-TAO integrated environment.

Keywords: intelligent robot, voice system, natural language command, speech analysis, speech synthesis, linguistic processor, robot simulator

Введение

В декабре 1997 г. Российский институт искусственного интеллекта (РосНИИ ИИ) и лаборатория искусственного интеллекта Института систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН (ЛИИ ИСИ) начали работу над проектом, одна из целей которого – разработка прототипа системы речевого управления интеллектуальным роботом. Коллективы РосНИИ ИИ и ЛИИ ИСИ имели достаточный опыт в понимании запросов на естественном языке и моделировании поведения технических устройств, но приступить к решению проблемы речевого управления роботом они смогли только в конце 90-х годов прошлого века, когда появились промышленные системы распознавания речи и партнер – германский Институт прикладных систем обработки знаний (FAW, Ulm), заинтересованный в решении этой проблемы и готовый предоставить приемлемое финансирование.

Следует напомнить, что разработка технологии автоматического понимания естественного языка традиционно являлась одним из главных направлений исследований ЛИИ ИСИ и РосНИИ ИИ. К этому времени широкую известность и признание в области автоматической обработки естественного языка получили разработанные в этих коллективах технологии и системы РИТА [1], СТЕНД [2], ЗАПСИБ [3, 4], InterBASE [5], Lingua-F [6], Snoor [7], Aura [8] и др., созданные в русле этого направления. Речевой ввод сообщений, который в те годы становился элементом пользовательского рынка, придал новый импульс работам по созданию естественно-языковых (ЕЯ) интерфейсов. С одной стороны, использование микрофона вместо клавиатуры делало естественный язык действительно естественным средством общения и значительно повышало шансы ЕЯ-интерфейсов войти в разряд продуктов программного рынка. С другой стороны, качество и надежность распознавания речи весьма существенно зависели от вовлечения в этот процесс лингвистического, семантического, прагматического и других уровней обработки пользовательского сообщения. Таким образом, многочисленные разработки коллективов РосНИИ ИИ и ЛИИ ИСИ стали востребованными в указанном контексте.

Одним из принципиальных аспектов создания интеллектуального робота, бесспорно, является решение проблем эффективного представления и обработки знаний. Это направление, наряду с работами по естественному языку, также являлось ключевым для указанных коллективов в течение многих лет и ко времени начала проекта выкристаллизовалось в тщательно разработанную методологию, технологию и системную поддержку всех основных этапов обработки знаний [9]. По указанным причинам проект оказался довольно удачным полигоном для отработки и комплексного применения нескольких фундаментальных технологий команды исследователей из указанных коллективов.

Значительной поддержкой данного проекта явился контракт, заключенный РосНИИ ИИ с Германским Исследовательским институтом прикладных систем обработки знаний (FAW, г. Ульм). Контекстом контракта стал исследовательский проект, выполняемый рядом организаций Германии по гранту Национального научного фонда Германии. Важнейшим компонентом проекта было создание в FAW комплексной демонстрационной системы на основе реального технического устройства – SMART Demonstrator (<http://www.uni-ulm.de/SMART/Demonstrator/>). Выбор английского языка для экспериментов диктовался, прежде всего, наличием надежных средств распознавания английской речи. Используемая в проекте технология обработки текстовых сообщений гарантировала, что в дальнейшем работы по данному проекту могли быть спроецированы на русский язык, что позволяло надеяться на перспективу отечественных внедрений.

В докладе представлена архитектура системы речевого управления интеллектуальным роботом и схема ее функционирования. Дается подробное описание мира, в котором действует робот, способностей робота и языка управления им. Приводятся характеристики реализации основных компонентов системы.

1. Архитектура и функционирование системы

Задача управления роботом при помощи устных команд на естественном языке распадается на следующие подзадачи:

- распознавание речи,
- естественно-языковую обработку текста команды,
- выполнение команды и соответствующую модификацию мира робота,
- визуализацию результатов выполнения команды,
- генерацию ответа робота и преобразование его в речевое сообщение.

Каждая из этих подзадач представляет собой самостоятельную проблему и может быть решена соответствующими ей методами. Так, для решения задач распознавания и синтеза речи, которые являются достаточно сложными и ресурсоемкими, могут быть использованы уже существующие системы, в то время как для задач обработки текста на естественном языке, анализа и исполнения команд необходимо затратить более значительные усилия, включая элементы инженерии знаний и программирования.

Кроме разработки и настройки отдельных модулей, каждый из которых отвечает за решение своей подзадачи, необходимо также связать их в единую систему, обеспечив их взаимодействие друг с другом. Основная сложность заключается в том, что такая система должна действовать по замкнутому циклу: прием команды, ее анализ и исполнение, а затем переход к режиму приема новой команды.

Для того, чтобы обеспечить выполнение перечисленных выше требований, разработанная система речевого управления интеллектуальным роботом включает следующие компоненты:

- подсистему речевого ввода, состоящую из микрофона, звуковой платы и программного распознавателя речи;
- лингвистический процессор, получающий от распознавателя речи текст команды, выраженной на естественном (английском) языке и переводящий ее в формальное представление;
- исполнитель команд (робота);
- синтезатор речи, озвучивающий сообщения робота.

Подсистема речевого ввода была построена на основе промышленной программной системы IBM ViaVoice (<http://www.software.ibm.com/is/voicetype/>), которая после необходимой настройки дала вполне удовлетворительные результаты. Для синтеза речи использовалась стандартная программная компонента Microsoft Concatenated Text-to-Speech Engine (<http://www.research.microsoft.com/research/srg/>). Поскольку эти системы не поддерживают русский язык, то общение с роботом проходило на английском языке. Лингвистический процессор построен с помощью инструментальной системы Lingua-F [6], в которой использован предложенный А.С. Нариньяни семантически-ориентированный подход к анализу текстов на естественном языке [3, 10]. В настоящей версии подсистема исполнения команд и среда для эмуляции мира робота были реализованы средствами интегрированной программной среды представления и обработки знаний SemP-ТАО [11, 12].

Функциональная схема системы, приведенная на Рис. 1, демонстрирует полный цикл исполнения команды, подаваемой роботу. Команда, произнесенная оператором, попадает на вход распознавателя речи, который преобразует ее в текст на естественном языке. Этот текст затем передается на вход лингвистического процессора, который переводит его в последовательность формальных команд. Команды, представленные на формальном языке, подаются на вход подсистемы управления роботом. Эта подсистема выполняет требуемые действия, что может привести к изменению состояния мира робота. Все изменения отображаются на экране монитора визуализатором состояний, что позволяет наглядно демонстрировать результат выполнения команды. Кроме того, если поданная команда требует ответа, то подсистемой исполнения команд будет сгенерирован соответствующий текст ответа на естественном языке. Этот ответ преобразуется синтезатором речи в звуковую форму и со-

общается пользователю. Система действует по замкнутому циклу, т.е. после исполнения роботом одной команды и получения реакции на нее, оператор может подать следующую команду.

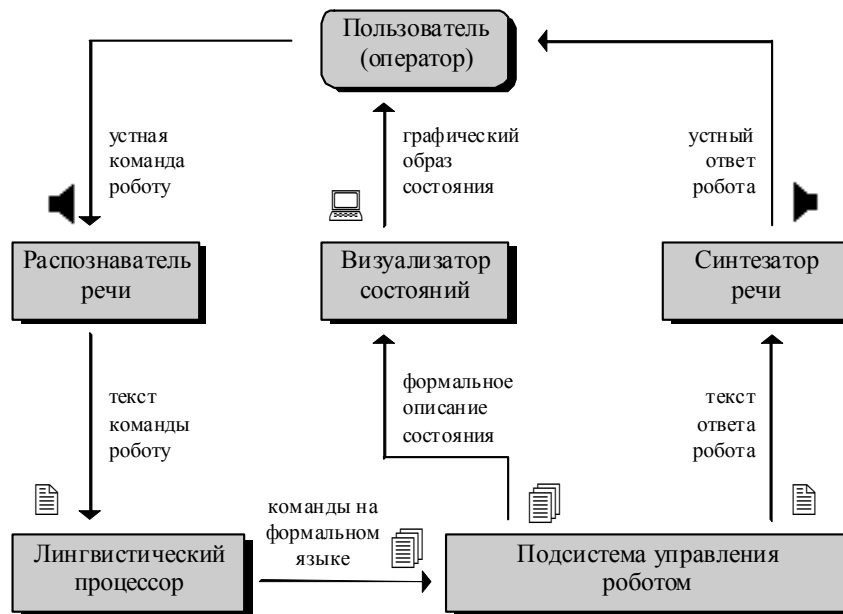


Рис. 1. Функциональная схема системы

2. Интеллектуальный робот и управление им

Рассмотрим характеристики и способности робота, являющегося объектом управления, «мир» робота, а также язык управления им.

2.1. Мир робота и его способности

Предполагается, что мир робота включает несколько комнат, в которых могут находиться различные объекты. Сам робот в этом мире также является объектом.

В мире робота выделяются такие классы объектов, как мебель и оборудование.

Мебель – это объекты, имеющие форму параллелепипеда или цилиндра. Они характеризуются координатами центра, размерами, цветом, весом, мобильностью и др. В этом классе выделяются еще три подкласса: столы, стулья, кресла.

Оборудование кроме тех свойств, которыми обладает мебель, имеет свои особенные свойства: подключено/не подключено, марка устройства и т.п.

Робот в модели мира рассматривается не только как объект, но и как субъект. Как объект робот характеризуется теми же свойствами, что и оборудование. Как субъект, он обладает некоторыми способностями, о которых будет сказано ниже.

Отношения служат в основном для задания взаимного расположения объектов, например: слева, справа, снизу, сверху, внутри и т.д.

Робот действует в окружающем мире, который находится в определенном состоянии. В состоянии мира можно выделить такие части как каркас, состояния объектов и отношения между объектами. Каркас образуют неподвижные объекты (комнаты) и отношения между ними. Состояние объекта – это конкретный набор значений его характеристик. Объекты также могут находиться в каких-либо отношениях между собой. Таким образом, каркас – это неизменяемая часть мира, а состояния объектов и отношения между ними – та часть мира, которую робот может изменять.

В связи с тем, что робот должен уметь переносить мебель и оборудование из одной комнаты в другую и отвечать на вопросы пользователя, его основными функциями являются: найти, взять, положить, переместить, перейти и т.п.

Этим функциям соответствует набор операторов. Выделяется два уровня операторов. Первый уровень образуют операторы, доступные пользователю. Именно их он использует для формирования задания роботу. Вторым уровнем составляют операторы, реализующие операторы первого уровня.

Операторами первого уровня являются: Принеси, Отнеси, Перемести, Перейди, Где_находится, Что_находится. Вторым уровнем образуют следующие операторы: Найди, Возьми, Освободи, Поставь, Сообщи.

Для каждого оператора имеется своя операторная схема, которая определяет условия, порядок и результаты выполнения оператора.

2.2. Формальный язык управления роботом

На основе описанных выше операторных схем разработан формальный язык управления роботом, получивший название FOROL (FOrmal RObot Language). Он включает операторы *WhereIs*, *GO* и *MOVE*. Аргументами этих операторов могут быть объекты и комнаты.

Описание объекта в языке имеет вид:

OBJECT(*name*: <*name of object*>, *color*: <*color of object*>), где <*name of object*> – название объекта, <*color of object*> – цвет объекта (может быть не задан).

Описание комнаты в языке FOROL имеет вид:

ROOM(*number*: <*number of room*>), где <*number of room*> – целое число, обозначающее номер комнаты.

Рассмотрим синтаксис и семантику основных операторов языка.

Оператор *WhereIs* имеет вид:

WhereIs(*what*: *object*, *where*: *room*),

здесь *object* – описание объекта, местоположение которого необходимо установить или подтвердить, а *room* – описание комнаты.

В операторе *WhereIs* один или оба аргумента могут быть неопределенными. В связи с этим семантика оператора *WhereIs* зависит от того, какие аргументы заданы, а какие нет. Рассмотрим каждый случай отдельно.

Если задан только первый аргумент, то выполнение оператора *WhereIs* состоит в поиске объекта *object* с указанными характеристиками и выдаче сообщения о том, где он находится. В случае неудачи выдается соответствующее сообщение.

Если задан только второй аргумент, то выдаются характеристики всех объектов, находящихся в комнате *room*.

В случае, если не заданы оба параметра, выдаются характеристики всех объектов, находящихся в той же комнате, что и робот.

Оператор *GO* имеет вид:

GO(*to*: *room*), где *room* – описание комнаты, в которую роботу нужно переместиться.

Оператор *MOVE* имеет следующий синтаксис:

MOVE(*what*: *object*, *from*: *room1*, *to*: *room2*), где *object* – описание предмета, который необходимо переместить из комнаты *room1* в комнату *room2*.

В операторе *MOVE* обязательным является только первый аргумент. Любой из остальных аргументов может отсутствовать. Заметим также, что в качестве названия предмета в аргументе *what* не должно использоваться значение *Robot*.

Семантика оператора *MOVE*, как и *WhereIs*, зависит от того, какие аргументы заданы. Так, если заданы все три аргумента, предмет *object* перемещается из комнаты *room1* в комнату *room2*. В случае, когда заданы только аргументы *what* и *from*, предмет *object* перемещается из комнаты *room1* в комнату, в которой находится в данный момент робот. Когда заданы только аргументы *what* и *to*, предмет *object* должен быть найден и перемещен в комнату *room2*. Если задан только аргумент *what*, предмет *object* должен быть найден и перемещен в комнату, в которой находится робот.

Во всех вариантах оператора *MOVE* в случае его неудачного выполнения выдается соответствующее сообщение. Например: "*The green chair is not found*", "*There is no room 20*", "*The computer is already in room 5!*" и т.д.

2.3. Получение формального представления команды

В описываемой системе перевод команды оператора в формальное представление на языке управления роботом FOROL осуществляет лингвистический процессор (ЛП). ЛП представляет собой состоит из двух компонентов: словаря и продукционного компонента, который переводит поступающую ему на вход естественно-языковую фразу в заданное выходное представление.

Существует два типа обращений к роботу: директива и вопрос. При анализе фразы слова, входящие в нее, подразделяются на значимые, т.е. оставляющие след в формальном представлении, и незначимые, игнорируемые при разборе.

Значимой лексикой в обращениях к роботу являются глаголы, задающие перемещения предметов и обозначающие передвижения робота, глаголы и вопросительные слова, задающие поиск объекта, существительные, обозначающие объекты, числительные, задающие номера комнат, прилагательные, обозначающие свойства объектов, а также некоторые предлоги.

Семантика естественно-языковых обращений полностью определяется семантикой формального языка управления роботом. Например, с помощью слов указанных типов можно составлять команды, имеющие следующую структуру: «*Идти в ...*», «*Перенести что-то из ... в ...*», а также задавать вопросы «*Где, в какой комнате находится ...*» и пр. Порядок и количество компонентов команды, а также слов в рамках каждой компоненты не являются строго фиксированными. Правила анализа и синтеза текста составлены таким образом, чтобы оператор практически не ощущал языковых ограничений при подаче команд.

Приведем примеры различных запросов и соответствующих им формальных представлений.

Сначала рассмотрим директивы, которые по глаголу, входящему в них, делятся на типы *MOVE* и *GO*:

а) В директиве типа *MOVE* "*Transport the blue armchair from the first room to room number 4!*" допустима перестановка локативных компонентов: "*... to room number 4 from the first room*".

Кроме того, эта директива будет разобрана правильно, если ее сформулировать с эллипсисом, т.е. пропуском слов "room number": "Transport the blue armchair from the first room to 4!". Во всех случаях ей соответствует следующее формальное представление:

MOVE (what: OBJECT (name: armchair, color: blue), from: ROOM (number: 1), to: ROOM (number: 4));

б) Совершенно прозрачный перевод имеет директива типа GO, например "Go to the second room!":

GO (to: ROOM (number: 2)).

Распознаются также вопросы о месте расположения различных предметов, либо о наличии предметов в указанном месте:

а) Вопрос к системе "Where is the robot?" человеку, для которого робот является одушевлённым предметом и, более того, партнёром общения, естественно задать в форме "Where are you?". Его формальный вид будет:

WhereIs (what: OBJECT (name: robot));

б) Наряду с вопросом о роботе, можно спросить о любом предмете "Where is the red box?" или "What place is the red box located in?".

Директива "Find/Search the red box!" трактуется как косвенный вопрос о месте расположения предмета:

WhereIs (what: OBJECT (name: box, color: red));

в) Вопросы о наличии предметов в комнате, где находится робот "What is (located) here / there / in this room?" переводятся в:

WhereIs (what: ?, where: ?);

г) Вопросы о наличии каких-либо предметов в указанном месте "Is something in room 5?", "What is located / situated in room 5?" имеют следующее формальное представление:

WhereIs (what: ?, where: ROOM(number: 5));

д) Альтернативный вопрос "Is the computer in room number 2?" переводится в:

WhereIs (what: OBJECT (name: computer), where: ROOM(number: 2)).

3. Моделирование робота

В экспериментах по отладке системы речевого управления вместо робота использовался его симулятор, реализованный с помощью интегрированной программной среды Semp-TAO [11, 12]. Эта среда предназначена для разработки интеллектуальных систем, в том числе требующих описания сложных по структуре и семантике предметных областей и сочетания логического вывода и вычислений над неточно заданными значениями. Все понятия предметной области, правила вывода и визуализатор состояний написаны на объектно-ориентированном языке представления и обработки знаний этой среды.

3.1. Описание модели мира робота

Поскольку все объекты мира робота и сам робот занимают определенное место в пространстве, то все они представляются в виде геометрических фигур или же имеют специальный атрибут, значением которого является некоторый геометрический объект, отражающий пространственные характеристики соответствующего объекта мира робота.

Для описания таких геометрических объектов вводится наиболее общее понятие фигура, которому в языке Semp-TAO соответствует класс *SHAPE*:

```
class SHAPE
    x, y : integer;
    left, right, top, bottom: integer;
end;
```

Здесь *x*, *y* – координаты центра фигуры, а *left*, *right*, *top*, *bottom* – координаты ее границ.

На основе класса *SHAPE* строятся классы *CIRCLE* и *RECTANGLE*. Например, описание класса *RECTANGLE* имеет вид:

```
class RECTANGLE( SHAPE )
    length, width: integer;
constraints
    length = bottom - top;
    width = right - left;
    left = x - width/2;
    right = x + width/2;
    top = y - length/2;
    bottom = y + length/2;
end;
```

Класс *RECTANGLE* имеет два дополнительных параметра *length* и *width* (длина и ширина) и множество ограничений, связывающих значения этих параметров с координатами центра и границ прямоугольника.

На основе класса *RECTANGLE* строится класс *ROOM*:

```
class ROOM( RECTANGLE )
    number: integer;
    door : atom(Open,Close):=Open;
```

```

    locs: tuple of OBJECT;
end;

```

Класс *ROOM* служит для описания комнаты. У комнаты есть номер (*number*) и дверь (*door*). Для простоты визуализации объектов, находящихся внутри комнаты, она разбивается на так называемые «локи» (*locs*) – геометрические места, в которых могут располагаться объекты.

Для представления всех объектов мира вводится абстрактный класс *OBJECT*:

```

class OBJECT
    name: atom;
    color: Object_Color;
    bmp : TImage;
    loc: RECTANGLE;
end;

```

Класс *OBJECT* имеет общие для всех объектов характеристики, такие как: имя (*name*), цвет (*color*) и размер (*size*). Для задания геометрических характеристик объекта и указания его местоположения в пространстве вводится специальный параметр *loc*, значением которого является прямоугольник, в который вписан объект. Кроме того, с каждым объектом связывается его графический образ (*bmp*), в виде которого объект будет отображаться на экране.

Кроме объектов вводится отношение *INSIDE*, указывающее, что некоторый объект находится в определенной комнате. Заметим, что это декларативное отношение также имеет и вычислительную интерпретацию, т.е. включает набор ограничений, связывающих пространственные характеристики двух объектов, один из которых находится в другом:

```

relation INSIDE( what: OBJECT; into: SHAPE )
    antiref, antisym;
constraints
    what.loc.left >= into.left;
    what.loc.right <= into.right;
    what.loc.top >= into.top;
    what.loc.bottom <= into.bottom;
end;

```

Вводится также отношение *NEXT*, которое задает порядок обхода комнат роботом:

```

relation NEXT( from: ROOM, to: ROOM );

```

В частности, это отношение говорит о том, что после осмотра комнаты, указанной в качестве первого аргумента, нужно перейти в комнату, на которую указывает второй аргумент.

3.2. Симуляция действий робота

Для симуляции действий робота служит система правил-продукций, которые реализуют операторные схемы робота. Эта система правил-продукций обрабатывает команды, поступающие на вход симулятора, редактирует и отображает на экране монитора план-схему (см. Рис.2) и выдает соответствующие сообщения.

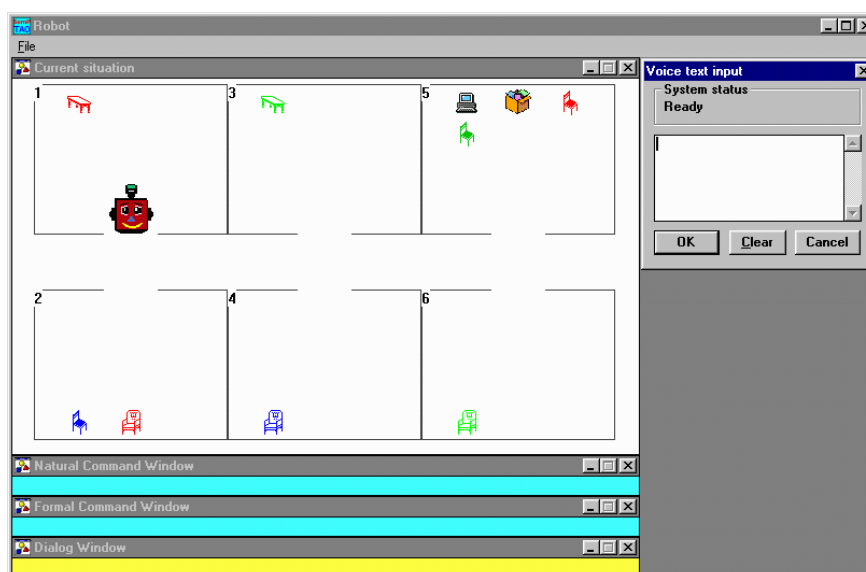


Рис. 2. Интерфейс с пользователем

Все множество правил разбито на шесть групп, каждая из которых отвечает за определенный вид или этап обработки задания. Первая группа правил (*\$Do*) распознает тип команды и подготавливает ее исполнение. Каждая из остальных групп правил соответствует одной или нескольким близким по семантике операторным схе-

мам. Так, вторая группа правил (*\$Where*) обеспечивает выдачу ответов на вопросы типа "Где находится компьютер?". Третья группа (*\$Go*) выполняет перемещение робота, четвертая (*\$Move*) – перемещение объекта. Пятая группа (*\$Find*) осуществляет поиск нужного объекта. Шестая группа (*\$Draw*) автоматически размещает объекты внутри комнаты и рисует план-схему на экране.

Во время исполнения некоторых групп правил могут вызываться другие группы. Так, группа правил *\$Where* во время своей работы всегда вызывает группу правил *\$Find* для нахождения необходимого объекта. Последняя, в свою очередь, может вызвать группу *\$Go*. При работе группы правил *\$Move* также могут инициироваться вызовы групп правил *\$Find* и *\$Go*.

Чтобы дать представление о том, как работает система правил-продукций, рассмотрим несколько правил из группы *\$Find*.

Первое из них имеет вид:

rule Golni

exist

\$find: FIND(what: OBJECT(name: \$name, color: \$color), where: ?),

\$last: LAST(where: \$room1),

NEXT(from: \$room1, to: \$room2)

not

WAS(where: \$room2)

=>

delete \$last;

new GO (to: \$room2);

call \$Go;

end;

Это правило инициализирует перемещение робота в комнату (*\$room2*), в которой он еще не был (на это указывает подобразец *not WAS(where: \$room2)*), в случае неудачного поиска в текущей комнате (*\$room1*). Это осуществляется путем генерации команды *GO(to:\$room2)* и вызовом соответствующей группы правил (*call \$Go*).

Второе правило:

rule NotFound

exist

\$find: FIND(what: OBJECT(name: \$name, color: \$color), where: ?),

\$last: LAST(where: \$room1),

NEXT(from: \$room1, to: \$room2),

WAS(where: \$room2)

=>

Say("The " + \$color + " " + \$name + " is not found!");

delete \$last;

end;

соответствует ситуации, когда искомый объект не обнаружен ни в одной из комнат. (В комнате *\$room1* объекта нет, а в *\$room2* и во всех остальных комнатах робот уже был, о чем говорит наличие в сети объекта *WAS(where: \$room2)*). Сообщение о том, что объект не обнаружен, озвучивается синтезатором речи, который вызывается с помощью функции *Say*.

Заключение

Представленная в докладе система речевого управления роботом была реализована в полном объеме и прошла тестирование, показавшее ее устойчивую работу на большом количестве тестовых команд. Отметим, однако, что подсистема распознавания речи, являлась довольно чувствительной к аппаратуре и требовала тщательной настройки на предметную область и конкретного пользователя.

Использование интегрированной объектно-ориентированной среды SemP-ТАО позволило естественным образом представить в системе мир робота, специфицировать и реализовать расширяемый формальный язык управления роботом, а также обеспечить визуализацию состояний мира и удобный пользовательский интерфейс. Семантически-ориентированный подход и развитые средства обработки естественно-языковых текстов инструментальной системы Lingua-F обеспечили быструю разработку надежного лингвистического процессора, выполняющего в системе функцию перевода команд робота в формальное представление.

В поздней фазе проекта был построен лингвистический процессор для русского языка, что при наработанной технологии не составило большого труда. Планировались работы над следующей версией системы речевого управления роботом, которая должна была содержать более богатый язык управления роботом, а, следовательно, и более мощный лингвистический процессор, однако проект не получил продолжения.

Список литературы

1. Ершов А.П., Мельчук И.А., Нариньяни А.С. РИТА – экспериментальная система взаимодействия с ЭВМ на естественном языке // Тр. 4-й Междунар. объедин. конф. по искусств. интеллекту. Т. 6. Общение с ЭВМ на естественном языке, Тбилиси, 3–8 сент. 1974 г. – М.: ВИНТИ, 1975. – С. 6.10–6.19.

2. Левин Д.Я. СТЕНД - комплекс для конструирования и адаптации лингвистических процессоров. // Вопросы разработки прикладных систем. -Новосибирск, 1979. -С.78-92.
3. Нариньяни А.С. Лингвистические процессоры ЗАПСИБ. Часть I – задачи проекта. – Новосибирск, 1979. – (Препринт / ВЦ СОАН СССР, № 199.)
4. Нариньяни А.С. Лингвистические процессоры ЗАПСИБ. Часть II – общие схемы и основные модули. – Новосибирск, 1979. – (Препринт / ВЦ СОАН СССР, № 202.)
5. Диненберг Ф.Г., Кучин С.И., Трапезников С.П. INTERBASE- система конструирования ЕЯ-интерфейса к dBASE III PLUS// Искусственный интеллект-90: Труды 2-й Всесоюзной конференции: секционные и стендовые доклады. - Минск, 1990. - Т.2. - С. 161-163.
6. Диненберг Ф.Г., Трапезников С.П. Система технологической поддержки конструирования естественно-языковых интерфейсов // Тез. докл. I Всесоюзн. конф. по искус. интел. -Переславль-Залесский, 1988.- Т. 3.- С. 194-199.
7. Sharoff S. A System for Development of Linguistic Processors. SNOOP. In Proc. of EWAIC-93, Moscow, 1993, pp. 184-188.
8. Kononenko I., Sharoff S. Understanding Short Texts with Integration of Knowledge Representation Methods // Perspectives of System Informatics (Proc. of Andrei Ershov Second Intern. Conf. PSI'96). –Novosibirsk, June 25–28, 1996. – P.43–47.
9. Narin'yan A.S. Intelligent Software Technology for the New Decade // Communs of the ACM. – Vol. 34, Iss. 6, – P.60–67 (1991).
10. Левин Д.Я., Нариньяни А.С. Экспериментальный минипроцессор: семантически-ориентированный анализ // Взаимодействие с ЭВМ на естественном языке. – Новосибирск, 1978. – С.223–233.
11. Загоруйко Ю.А., Попов И.Г., Щипунов В.В. Интегрированная технологическая среда для создания систем обработки знаний // РАН. Известия Академии наук. Теория и системы управления. – 1995. – № 5. – С.210–213.
12. Загоруйко Ю.А., Попов И.Г. Представление знаний в интегрированной технологической среде Semp-ТАО // Проблемы представления и обработки не полностью определенных знаний. – Москва-Новосибирск, 1996. – С.59–74.

Школьная информатика в России – техническая база начального периода

Захаров В.Н.
Институт проблем информатики РАН
vzaharov@ipiran.ru

School Informatics in Russia: The Technical Basis of the Initial Period

Zakharov V.
Institute of Informatics Problems RAS

Событием, которое оказало очень существенное влияние на введение в образовательный процесс средней школы информатики и сыграло роль стартового толчка, была поездка советской партийно-правительственной делегации в Великобританию в декабре 1984 года. Делегацию возглавлял тогда еще второй секретарь ЦК КПСС М.С. Горбачев. В состав делегации входил и вице-президент АН СССР Е.П. Велихов. Делегация встречалась с тогдашним премьер-министром Маргарет Тэтчер (кстати, это знакомство сыграло большую роль и в дальнейшей судьбе М.С. Горбачева).

Делегация, в частности, посетила завод, где изготавливались простые и дешевые персональные компьютеры “Sinclair ZX Spectrum”. В ходе переговоров со стороны англичан возникло предложение о поставке этих машин по «рекламной» цене 99,99 фунтов стерлингов для школ. Е.П. Велихов буквально загорелся этой идеей. По приезду была достаточно быстро организована работа по закупке небольшой партии этих машин для опробования в образовании. Было согласовано приобретение 4 комплектов, в каждый из которых входило по 25 компьютеров, объединенных в сеть, клавиатура (в том числе с русским алфавитом), адаптер для подключения советских телевизоров системы СЕКАМ, некоторый набор программ, в том числе учебного назначения. В качестве цели использования приобретаемого оборудования было заявлено проведение экспериментов по выбору прототипа школьной микро-ЭВМ для выработки рекомендаций на изготовление отечественных школьных компьютеров. Эти комплекты были приобретены, один из классов был поставлен в Доме детского творчества на Полянке в Москве, где активно использовался для кружковой работы. Достаточно быстро стало ясно, что предлагаемые решения непригодны для использования в советских школах, в частности, по ряду конструктивных особенностей, связанных с переключением режимов работы для использования кириллицы.

В начале марта 1985 г. Генеральным секретарем ЦК КПСС становится М.С. Горбачев. И уже 28 марта 1985 г. выходит Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 271 «О мерах по обеспечению компьютерной грамотности учащихся средних учебных заведений и широкого внедрения электронно-вычислительной техники в учебный процесс». Это Постановление можно считать стартовым моментом массовой компьютеризации школ. Было решено, начиная с 1985/86 учебного года, ввести повсеместно в 9-10 классах новый предмет «Основы информатики и вычислительной техники».

Сразу остро встал вопрос о технической базе, на которой можно проводить обучение. Срочно были созданы рабочие группы из ученых АН СССР и представителей Министерства просвещения, образовательного сообщества, Академии педагогических наук для формулирования стратегии и технических требований к аппаратным и программным средствам. В центре этой деятельности был академик Е.П. Велихов, который также руководил созданным в 1983 г. Отделением информатики, вычислительной техники и автоматизации АН СССР. Техническая и организационная часть работы была возложена на Институт проблем информатики АН СССР (ИПИАН), который возглавлял академик Б.Н. Наумов. Активнейшую роль в определении содержания предмета внес академик А.П. Ершов и его коллеги из Новосибирска, имевшие богатый опыт преподавания «продвинутым» школьникам основ информатики и программирования.

Было решено идти двумя путями – выбрать и закупить некоторое количество учебных классов за рубежом в качестве пилотного проекта для накопления опыта, разработки учебных программ и методик, а также быстрыми темпами создать необходимые комплексы и организовать их производство в СССР. Фактически был объявлен тендер (в нынешней терминологии) зарубежным фирмам на поставку комплектов учебной вычислительной техники (КУВТ).

Свои предложения представили более десятка фирм из Англии, США, Франции, Японии и даже Австралии. В ИПИАН фирмами представлялись образцы для испытаний, по многим проводились демонстрационные семинары. В таблице 1 приведены сравнительные технические характеристики КУВТ стандарта MSX (ряд фирм Японии), фирм Аккорн и Амстрад (Великобритания), Нанорезо (Франция), Микроби (Австралия). Испытывались также ПЭВМ Коммодор 64, TRS 80 фирмы Тенди, Apple II (США), которые были сочтены на тот момент устаревшими и снимаемыми с производства.

Для более масштабных закупок на основании первичного накопленного опыта с приобретенными комплектами были разработаны технические требования на закупаемые комплекты вычислительной техники для оснащения средних учебных заведений, утвержденные в середине 1986 года заместителями Министра просвещения СССР, Председателя Государственного комитета СССР по профессионально-техническому образованию и директором головной организации МНТК «Персональные ЭВМ» академиком Б.Н. Наумовым.

Эти технические требования определили 3 категории учебных классов: категория А (стандарт MSX) – для преподавания информатики в школах, ПТУ и средних учебных заведениях, категория Б – для преподавания информатики и других предметов в опытных школах, ПТУ и других заведениях, категория В – для подготовки

преподавателей по информатике в педвузах, и для профессионального обучения учащихся по программированию и эксплуатации ПЭВМ в народном хозяйстве в УПК и СПТУ. Также были сформулированы требования к инструментальным комплектам, обеспечивающим возможность разработки графических программ.

Таблица 1

**Сравнительные технические характеристики испытывавшихся зарубежных комплексов
ПЭВМ для образования**

Параметры	MSX1/MSX2		MSX2		Би-би-си, Аккорн		Нанорезо		Амстрад		Микроби	
					Мас- тер	Мо- дель В+			CPC 6128	CPC 464		
	РМП	РМУ	РМП	РМУ	РМП	РМУ	РМП	РМУ	РМП	РМУ	РМП	РМУ
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Тип процессора	Z80	Z80	Z80	Z80	6512	6512	8088	6809	Z80	Z80	Z80	Z80
Число разрядов	8	8	8	8	8	8	16	8	8	8	8	8
Объем оперативной памяти, Кбайт	128	64	128	128	128	64	256	48	128	128	128	64
Объем постоянной памяти, Кбайт	64	32	64	64	128	48	64	16	48	16	32	32
Объем видеопамати, Кбайт	128	16	128	128	—	—	—	—	—	—	—	—
число символов в строке на экране	80	40	80	80	80	80	80	40	80	80	80	80
число точек на экране цветного монитора для 16 цветов	512 × 212 Цв.	212 × 192 Цв.	512 × 212 Цв.	512 × 212 Цв.	640 × 256 моно.	640 × 256 моно.	320 × 200 Цв.	320 × 200 Цв.	160 × 200 Цв.	160 × 200 Цв.	512 × 256 моно	512 × 256 моно
число одновременно воспроизводимых цветов	256 / 512	16 / 512	256 / 512	256 / 512	16	16	16	16	16	16 / 27	16	4/8
число динамически движущихся объектов	32	32	32	32	—	—	—	—	—	—	—	—
возможность динамической трехмерной графики	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Число экранов в видеопамати	4	2	4	4	—	—	—	—	—	—	—	—
Музыкальные возможности — число голосов — диапазон (октавы)	3 8	3 8	3 8	3 8	— —	— —	— —	3 7	— —	3 7	3 6	3 6
Емкость накопителей на гибких магнитных дисках, Мбайт	0,75	—	0,75	—	0,64	—	0,36	0,36	0,36	0,18	0,75	0,75
Возможность подключения советских лабораторных приборов без участия фирмы	+	+	+	+	+	+	+	—	+	—	—	—
Наличие разъемов для внешних ПЗУ	+	+	+	+	+	+	—	+	—	+	—	—
Наличие возможности подключения накопителя типа «Винчестер»	+	—	+	—	+	+	+	—	+	—	—	—
Соответствие требованиям к функциям учебной сети	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Скорость учебной сети, Кбит/сек	9,6	9,6	250	250	250	250	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6
Число фирм-поставщиков данного типа ПЭВМ	10	10	10	10	1	1	IBM XT	1	1	1	1	1
Совместимость по ПО с отечественными ПЭВМ	Бей-сик CP/M	Бей-сик	Бей-сик CP/M	Бей-сик CP/M	нет	нет	MS – DOS	CP/M	CP/M	нет	CP/M	CP/M
Размер дискеты, дюйм	3,5	—	3,5	—	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	3,0	3,5	3,5
Наличие цветного монитора с разрешающей способностью 400 × 220 точек (санитарная норма)	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—

В классы категории А должно было входить рабочее место преподавателя (РМП) – 2 штуки и 11 рабочих мест учащегося (РМУ), объединенные в сеть. РМП представляло собой ПЭВМ с двумя встроенными дисковыми по 720К, ОЗУ – 128К, ВОЗУ – 128К с RGB-выходом, принтер Джемини 10XR12, кассетный накопитель, цветной монитор с разрешением не хуже 400х200 точек, экран не менее 14 дюймов с RGB-выходом. РМУ представляло собой ПЭВМ с RGB-выходами, ОЗУ – 64К, ВОЗУ – 16К и цветной монитор с разрешением 400х200 точек, экраном 14 дюймов и RGB-выходами. В состав поставляемого программного обеспечения (ПО) должны были входить ДОС и ПО сети, а также интерпретатор ЛОГО.

Учебный класс категории Б отличался от категории А требованием к РМУ – ПЭВМ без дисков, ОЗУ – 128 К, ВОЗУ – 128 К, в том числе электронный диск 64 К.

В учебном классе категории В в состав РМП должен был входить цветной монитор более высокого разрешения – 640х200 точек, а также манипулятор «мышь» или «трэкбол». В качестве РМУ должна была использоваться ПЭВМ MSX2 с одним встроенным дисководом на 720К, ОЗУ – 64К, ВОЗУ – 128К, монитор повышенного разрешения и также манипулятор.

В результате отбора выбор пал на компьютеры архитектуры MSX фирмы «Ямаха», которой удалось наиболее полно и оперативно обеспечить выполнение многочисленных требований. Кстати, в начальный период с названием «Ямаха» вообще ассоциировалось понятие школьного компьютера. Собственно, в составе класса только ПЭВМ были фирмы «Ямаха», в комплект входили мониторы фирмы «Шарп» и принтеры фирмы «Стар». Интересно заметить, что выбор принтеров был обусловлен в значительной мере тем, что в качестве расходного материала в них использовалась лента для обычных печатающих машинок.

Была проведена закупка в качестве первой очереди 225 комплектных компьютерных класса. Их распределение по всем республикам СССР было утверждено Министром просвещения СССР С.Г. Щербаковым и Вице-президентом АН СССР Е.П. Велиховым. Так, например, в РСФСР было передано 93 комплекта, в Украинскую ССР – 28, а в Туркменскую ССР – 2. По несколько комплектов были переданы в распоряжение Минпроса СССР, Госпрофобра СССР, Минвуза СССР, МПС СССР, ЦСУ СССР и АН СССР. Было закуплено также 50 инструментальных комплектов (по 10 компьютеров), 25 из которых были переданы в учреждения Минпроса СССР, а 25 – организациям АН СССР и ряду ВУЗов для разработки учебного программного обеспечения.

Такие оперативные и эффективные действия способствовали быстрому продвижению информатики в учебный процесс в школах и разработке разнообразного программного обеспечения. Первичный опыт изучения и использования импортной техники позволил подготовить «Техническое задание на разработку и производство комплектов технических средств и оборудования кабинетов вычислительной техники для всех типов учебных заведений». Этот документ появился на свет уже в августе 1985 года. Государственный подход к проблеме виден, например, по составу подписей, стоящих на титульном листе (утверждающие подписи Министра просвещения СССР С.Г. Щербакова, Председателя Государственного комитета СССР по профессионально-техническому образованию Н.А. Петровичева, Вице-президента АН СССР В.А. Котельникова, Президента Академии педагогических наук СССР М.И. Кондакова, заместителя министра высшего и среднего специального образования СССР Н.С. Егорова, заместителя Министра электронной промышленности В.Г. Колесникова, а также согласующая подпись Заместителя Председателя Государственного комитета СССР по науке и технике А.К. Романова).

В состав комплекта технических средств и оборудования кабинетов вычислительной техники (КВТ) согласно этому ТЗ должны были входить: рабочие места учащихся (РМУ), рабочее место преподавателя (РМП), комплекты средств подключения РМУ к РМП, комплект базовых программных средств, система электропитания КВТ, комплект ЗИП, комплекты эксплуатационной и монтажной документации. В состав КВТ должно было входить до 16 РМУ.

РМУ должно было обеспечивать: ввод программ и другой информации с клавиатуры, с РМП, с магнитофона; выполнение прикладных программ; вывод текстов программ и другой информации на бытовой или специализированный магнитофон, их хранение и передачу на РМП с целью сохранения или получения твердой копии. В состав РМУ должен был входить системный блок с клавиатурой и устройство отображения с черно-белой ЭЛТ (предписывалось рассмотреть возможность использования цветной ЭЛТ с возможностью одновременного представления не менее 4 цветов из 8). На системный блок налагались следующие требования: процессор с быстродействием не менее 600 тыс. команд/сек, постоянное ЗУ не менее 32 Кбайт, оперативное ЗУ не менее 64 Кбайт, устройство отображения с ЗУ не менее 16 Кбайт, контроллер для подключения к РМП, средства для подключения устройства отображения, магнитофона, для подачи и управления звуковым сигналом, параллельный байтовый и системный магистральные порты с неумощненным выходом, таймер. Устройство отображения должно было обеспечивать совмещение в одном кадре графической информации в формате не менее 256х192 точек с не менее 4 градациями яркости и алфавитно-цифровой информации в формате не менее 16 строк по 64 символа.

РМП должно было обеспечивать: одновременную или выборочную загрузку программ в РМУ, возможность контроля за работой РМУ, возможность выполнения работ по разработке программ и учебных курсов, их хранению и выполнению, вывод текстовой и графической информации на демонстрационное устройство отображения и на печатающее устройство, одновременную загрузку программ из РМП на все РМУ за время не более 3 минут, обслуживание запросов РМУ на выполнение операций с РМП с временем реакции не более 5 сек, адресацию РМУ, обмен с ними сообщениями и блоками данных на расстоянии до 50 м. Согласно ТЗ должно было быть разработано РМП со следующими основными параметрами: процессор с быстродействием до

600–800 тыс. команд/сек, постоянное ЗУ емкостью 32 Кбайт, оперативное ЗУ не менее 64 Кбайт с возможностью расширения до 1 Мбайт, устройство отображения алфавитно-цифровой и графической информации, обеспечивающее отображение в одном кадре графической информации в формате не менее 256×256 точек с не менее 4 градациями яркости и алфавитно-цифровой информации в формате не менее 16 строк по 64 символа с размером экрана по диагонали не менее 23 см. В состав РМП должны входить контроллеры каналов связи с РМУ, устройство печати, накопители на гибких магнитных дисках «Электроника НГМД-6022» емкостью 450 Кбайт, кабели и комплекты магнитных носителей. Были сформулированы требования к клавиатуре, к печатающему устройству (матричное ПУ со скоростью вывода информации не менее 30 знаков/сек на листовую бумагу формата А4 или на рулонную бумагу шириной 210 мм, подключение по параллельному интерфейсу типа ИРПР-М), к устройству отображения.

Базовое программное средство должно было состоять из операционной системы КВТ, систем программирования с языков Бейсик, Рапира, Паскаль и средств диагностики и контроля. Изготовление опытного образца КВТ возлагалось на НИИНЦ и ИПИ АН (в части базовых программных средств), по плану государственные испытания были намечены на конец 1986 года. Достаточно быстро в ИПИ АН был разработан ГОСТ на язык БейсиК для учебных целей.

23 января 1986 года вышло Постановление ЦК КПСС и Совмина СССР «О создании и развитии производства в СССР персональных ЭВМ», в котором в том числе были определены и конкретные задания по производству ПЭВМ для использования в сфере образования. К моменту выхода этого Постановления в стране в небольших количествах выпускалось несколько типов ПК, которые рассматривались как возможные для использования в школах – это были машины «Агат», комплект учебной вычислительной техники КУВТ-86 (в составе машины учителя ДВК-2 и рабочих мест учащихся – БК0010) и некоторые другие модели. Хотя ПЭВМ «Агат» и предлагалась в качестве учебной, по целому ряду своих показателей (надежность, отсутствие локальной сети в серийных экземплярах) она не могла быть отнесена к этому классу. Тем не менее, таких машин к концу 1988 года было выпущено около 12 тысяч.

В качестве основных отечественных технических средств для образования рассматривались две основных модели – комплекс «Корвет» (состоящий из ПК8020 в качестве рабочего места преподавателя и ПК8010 в качестве рабочего места учащегося), разработанный в НИИСчетмаш Минрадиопрома СССР (а исходно на физическом факультете МГУ в коллективе под руководством А.Т. Рахимова), и комплекс «Электроника МС 0202 (УКНЦ)», разработанный в НИИ «НЦ» Минэлектронпрома СССР. Эти комплексы были разработаны в 1986 году и начали серийно выпускаться в 1987 году, но в течение нескольких лет проводилась их доработка. Комплексы, как правило, включали рабочее место преподавателя (РМП) и 12 рабочих мест учащегося (РМУ). Различия между комплексами были обусловлены применением разных микропроцессоров и производством в разных министерствах. Так, в 1987 году трудоемкость производства одной машины «Корвет» превышала аналогичный показатель для МС 0202 на порядок, а стоимость была больше в 2,6 раза. Технические характеристики комплексов начального этапа информатизации школ приведены в Таблице 2.

Были разработаны планы по организации производства школьных ПК. В частности, основным местом для производства «Корветов» был определен Бакинский завод кондиционеров, однако производство на нем долго не удавалось запустить. По плану в 1987 году в Минрадиопроме было запланировано выпустить 10 тыс. школьных ПЭВМ (Корвет), было выпущено – 1157 штук. В Минэлектронпроме при плане 15 тыс. было выпущено 21571 штук школьных ПЭВМ. Правда, это перевыполнение было за счет выпуска старой модели КУВТ-86, существенно уступавшей и Корветам, и МС 0202. Основным недостатком КУВТ-86 было применение мониторов, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, а также отсутствие ПЗУ с языком «Бейсик», что рассматривалось в качестве существенного требования. Существенным недостатком было и использование принципиально разных машин в качестве РМУ и РМП.

В период 1986–1988 гг. в школы было поставлено 87808 ПЭВМ при плановом задании на этот период в 111000. Причем 61166 поставленных ПЭВМ входили в комплекты КУВТ-86. В докладах МНТК «Персональные ЭВМ» [1] отмечалось отсутствие совместимости между различными моделями КУВТ как на аппаратном (разные разъемы, несовместимость внешних носителей), так и на программном уровне.

По состоянию на конец 1989 года в СССР было около 130 тысяч школ. По данным Минпроса СССР 10–15% школ не были приспособлены к поставке вычислительной техники (отсутствие электросети, непригодность помещений и т.д.). То есть, для выполнения планов «информатизации школ» необходимо было поставить в школы более 1 млн. ПЭВМ. В 1989 году в систему образования СССР поступило:

ПЭВМ	План	Факт
КУВТ «Корвет»	84,0 тыс.	36,9 тыс.
КУВТ «Электроника МС-0202»	46,0 тыс.	41,4 тыс.
КУВТ-86	9,5 тыс.	21,3 тыс.

Большой проблемой было качество школьных ПЭВМ. Так, по ГОСТу 27201-87 наработка на отказ одной учебной ПЭВМ должна была составлять не менее 10 тыс. часов, а проверки, проведенные Комитетом народного контроля СССР, показали, что надежность ПЭВМ «Корвет» и «Электроника-0511» (входящей в КУВТ «Электроника-МС-0202») составляла менее 1 тыс. часов.

Таблица 2

Технико-экономические показатели отечественных ПЭВМ для образования

Технико – экономические показатели	АГАТ	КУВТ –86		Корвет		Электроника УК НЦ (МС 02.02)	
		РМП ДВК –2 МШ	РМУ БК0010Ш	РМП ПК 8020	РМУ ПК 8010	РМП МС 0511	РМУ МС 0511
Тип процессора	Аналог 6502 фирмы Mostek	K1801BM1	K1801BM	KP580BM80A	KP580BM80A	K1802 BM2	K1801 BM2
Быстродействие (млн. оп/с)	0,3	0,4	0,4	0,625	0,625	0,8	0,8
Скорость передачи в локальной сети, Кбайт/с				19,2		56	
Разрядность, бит	8	16	16	8	8	16	16
Емкость ОЗУ, Кбайт	64 –256	56	56	64 (пользователя) + 48 (графическое)	64 (пользователя) + 48 (графическое)	192	192
Емкость ПЗУ, Кбайт	32	8	8	24	24	32	32
Емкость НГМД, Кбайт	146	Внешнее 2х180	–	2х800	–	2х220	2х220
Дисплей: Размер по диагонали Кол –во цветов (полутонов) Формат экрана (зн. х строк) Разрешающая способность	А/ц 64х32 или 80х24 Граф. дисплей Цв. 280х192 цв. тв 256х256	15ИЭ –00 – 013 80х25 560х256	На базе телевизора «Электроника Ц 431» или «Электроника Ц04»	Монохромный (BK8081) 31 1/8 64х16 512х256	Монохромный 31 1/8 64х16 512х256	31 1/8 (3/16) 80х16 640х288	31 1/8 (3/16) 80х16 640х288
Печатающее устройство				ПУ матричного типа, 80 зн/строка, скорость – 160 зн/с			
Кол –во интегральных схем, шт.		309	39	123	112	55	55
Потребляемая мощность (ВА)	250	300	20	17 (на комплекс из 15 мест – 1,3 кВт·А)	17	15	15
Напряжение питания, в			220	42	42	42	42
Масса, кг		2,5 без монитора	2,5 без монитора	27,5 с монитором	27,5 с монитором	4,5 без монитора	4,5 без монитора
Операционные системы	АГАТ –ДОС	ФОДОС, РАФОС	РАФОС	Микро ДОС	Микро ДОС	РАФОС, ФОДОС –2	РАФОС, ФОДОС –2
Языки программирования	Бейсик	ФОКАЛ, БЕЙСИК, ФОРТРАН, ПАСКАЛЬ. СИ	Фокал, Бейсик	Бейсик, Паскаль, СИ, ФОРТ, Рапира	Бейсик, Паскаль, СИ, ФОРТ, Рапира	Бейсик, СИ, Рапира, Паскаль	Бейсик, СИ, Рапира, Паскаль

В систему народного образования в 1989 году поступили также (в основном в пединституты и учебно-производственные комбинаты) 225 КУВТ японского производства – “Yamaha”-MSX-1 (по 16 ПЭВМ в КУВТ) и примерно 510 КУВТ “Yamaha”-MSX-2 (по 10 ПЭВМ в КУВТ), то есть всего 8,7 тыс. ПЭВМ. Эти компьютеры оказали значительное влияние на формирование кадров программистов и на разработку прикладного ПО. В условиях дефицита в школы поступали разными путями многие модели, кроме «официально узаконенных» – это и уже упоминавшийся «Агат», и «Немига» (Белоруссия), и СР/М-подобные ПЭВМ («Сура», «Львов»).

С самого начала рассматривался и вопрос о применении в школах и машин архитектуры IBM PC (Intel). Однако по ценовым характеристикам они не укладывались в возможности поставки для школ. В прогнозах того времени и не предполагалось такого быстрого развития средств вычислительной техники, падения стоимости,

широчайшего внедрения во все сферы жизни, которые произошли в реальности. Машины архитектуры Intel совершенствовались очень быстро, цена на них стремительно падала, их поток в нашу страну все время нарастал, подобные машины начали выпускаться и в СССР. Поэтому уже к 1990 году в докладе МНТК «Персональные ЭВМ» в качестве стратегической линии было предложено использовать в образовании IBM PC-совместимые машины. Вскоре произошел распад СССР. Министерства ликвидировались и преобразовались, производство ПЭВМ в стране практически прекратилось. Сейчас ниша занята в основном импортными машинами архитектуры Intel, как и во всех других областях. Бурный период активности и изобретательности в области вычислительной техники остался для нашей страны в прошлом.

Список литературы

1. Доклады Межотраслевого научно-технического комплекса «Персональные ЭВМ» о развитии персональных ЭВМ в СССР в 1986, 1987, 1988, 1989 годах. Москва, 1987–1990.

Новосибирские страницы отечественной истории электронного обучения

Казаков В.Г.
Новосибирский государственный университет
kazakov@phys.nsu.ru

Siberian Chapter of E-learning Domestic History

Kazakov V.
Novosibirsk State University

Говоря об истории информатики, прежде всего имеют ввиду историю развития ЭВМ, элементной базы, сетей, программирования. Тема электронного обучения представляется не вполне форматной, поскольку считается частной прикладной задачей, являющейся не более чем областью для упражнений теоретической информатики и практики информационных технологий. Тот факт, что в электронном обучении находят применение едва ли не все достижения информатики, кажется, только убеждает в верности данного тезиса. Впрочем, и сам термин достаточно нов для истории. В англоязычной традиции слово «e-learning» стало употребляться не ранее, чем во второй половине 90-х годов прошлого века, а в русском варианте – «электронное обучение» – появилось в веке нынешнем.

Однако не все так просто. То же программированное обучение, истоки которого относятся, как известно, к веку прошлому, с одной стороны интегрируется в понятие электронного обучения, а с другой стороны является заметной страницей общей компьютерной истории. Приращение значения идей электронного обучения в общем потоке информатизации не учитывает и то, что, по большому счету, информатика началась в 1943 году с манифеста «As We May Think» Вэннера Буша, в котором речь идет не более и не менее как об электронном учебнике. В самом деле, было сказано: «Появятся новые виды **энциклопедий**, пронизанные сетью ассоциативных ссылок...». Вообще, применение вычислительной техники для целей обучения всегда давало особый импульс развитию информатики. На этой линии истории вычислительной техники мы можем обнаружить, что поиски Дугласа Энгельбарта очень тесно связаны с темой электронного обучения, а все прелести Mother Of All Demos – лишь плоды, подаренные нам основной темой. Чуть пристальнее рассматривая весь путь человечества к глобальному информационному пространству (взять хоть хрестоматию всемирной литературы Ксанаду Теда Нельсона или HyperCard от Apple Inc.) мы видим, что путь этот проходит под звездой электронного обучения. Воистину электронное обучение есть философский камень информатики.

Обращаясь к отечественным классикам, можно заметить то же исключительное внимание к вопросам на стыке информатики и образования. В знаменитом докладе А.П. Ершова «Программирование – вторая грамотность» на 3-й Всемирной конференции ИФИП и ЮНЕСКО по применению ЭВМ в обучении, состоявшейся в июле 1981, мы встречаем:

«...грамотность и программирование не только выстраиваются в параллель, соединяясь мостиками аналогий, но и дополняют друг друга, формируя новое представление о гармонии человеческого ума»

или

«Методы и приемы активизации обучения с помощью ЭВМ неисчислимы: они ограничиваются только пределами нашей фантазии...»

Сегодня на Западе существует достаточно богатая традиция историографии и классических, корневых вопросов компьютерной истории и смежных вопросов, таких как электронное обучение. На «отечественном поле» в отношении ЭВМ и программирования в последние годы наблюдаются определенные подвижки, но история электронного обучения по-прежнему остается «белым пятном», которое еще ждет своего исследователя. В то же время, потребность в изучении отечественных страниц электронного обучения велика невероятно. Сегодня этот вопрос является смежным с вопросами сохранения своеобразия российской педагогической традиции и школы. Остается надеяться, что появятся исследования, позволяющие аккумулировать опыт предшествующих лет, чтобы на этой базе строить не всемирно усредненное, но национальное образовательное завтра...

Данная работа, однако, не претендует даже и на попытку такого историографического исследования. В ней автор, не беря на себя ответственность за точность соблюдения деталей и пропорций, хочет лишь обозначить факт существования в отечественной истории электронного обучения нескольких ярких страниц, свидетелем которых, а порой вовлеченным лицом, он был. Думается, что эти страницы небезынтересны для последующего пристального исследования.

Все, кто хоть сколько-нибудь знаком с историей отечественной информатики, знают о совершенно особой роли в ней Новосибирского Академгородка. Достаточно сказать, что и А.А. Ляпунов, и А.П. Ершов, юбилеи которых мы сегодня отмечаем, творили там. Энергетика Академгородка выходила далеко за пределы чистого академизма и прорывалась в каждом социально значимом направлении, в том числе и в образовании. Известно, что А.А. Ляпунов много сил отдал созданию физико-математической школы НГУ, породившей целое явление в образовательном пространстве СССР. Деятельность А.П. Ершова позволила ввести в учебную программу общеобразовательной школы новый предмет – информатику. Это существенно изменило все отечественное образование.

Усилия корифеев получили развитие в конце 80-х – начале 90-х годов на базе Новосибирского государст-

венного университета. Появилось целое созвездие отечественных систем и проектов электронного обучения. Сегодня зачастую конец 70-х годов прошлого века трактуется как «годы застоя». Однако, оглядываясь на четверть века назад, можно только поражаться темпам разработок тех лет, темпам, которые кажутся невозможными и сегодня, когда вычислительная техника сделала столько гигантских шагов вперед.

В качестве первой из страниц истории хочется вспомнить о созданной в НГУ терминальной вузовской системе ТЕВУС. Сотрудниками НГУ было найдено исключительно удачное решение массовой компьютеризации университета. Основой рабочего места стала микро ЭВМ «Электроника 60» с адаптированной операционной системой RT-11. Каждый такой микрокомпьютер имел дисковое пространство на стоящей на университетском ВЦ мини ЭВМ «СМ ЭВМ», с которой был объединен сетью типа «Звезда». Это решало самую острую проблему настольных компьютеров тех лет, связанную с малыми скоростями и объемами накопителей на гибких дисках и недоступностью накопителей на жестких дисках. При этом каждое рабочее место было оснащено двумя дисплеями на базе бытовых телевизионных приемников: черно-белым алфавитно-цифровым и восьмицветным графическим (чуть позднее число цветов увеличилось до 256). Разработка ТЕВУСа относится к 1982-1983 годам, а массовое создание в НГУ рабочих мест на этой платформе – к 1984-1985.

Такой уровень компьютеризации университета, по-видимому, превосходит все, что можно представить на тот момент в мире, включая и США! Для иллюстрации можно привести следующий факт. В 1987 году в СССР открывается американская выставка «Информатика в жизни США». Эта выставка демонстрировала успехи США в области вычислительной техники, а каталог выставки начинался с обращения к её посетителям самого президента США. Так вот, на обложку каталога, как самое яркое свидетельство достижений США в области информатики, был вынесен персональный компьютер Apple II, работавший на гибких дисках! Не случайно в 1987 году терминальная вузовская система ТЕВУС была удостоена Золотой медали на международной Лейпцигской ярмарке.

Система ТЕВУС прослужила Новосибирскому госуниверситету и отечественному образованию около десяти лет. За это время она была передана более чем в 150 вузов СССР от Владивостока и до Москвы, включая и МГУ.

На базе ТЕВУСа в НГУ сразу же стали появляться потоки разработок в области электронного обучения. Один из самых мощных и хорошо организованных потоков начался в 1985 году на кафедре общей физики физического факультета НГУ. Он был инициирован И.Н. Мешковым, в то время заведовавшим кафедрой. Первоначально программа имела название «Компьютер в учебном процессе», затем «Информатика в учебном процессе», и работавшая, по меньшей мере, до 1995 года.

Поражает широта охвата проблемы. Для иллюстрации можно привести такой факт. 1995 год. Проходит кафедральное совещание-семинар «Компьютеры в учебной лаборатории и лекционной работе». По результатам издается одноименный сборник тезисов с кратким изложением докладов (изд-во Новосибирского государственного университета, Новосибирск, 1995 г.). Из представленных в сборнике докладов, исключая обзорные и аналитические, видно, что 14 различных практических разработок, выполняемых, за редким исключением, различными творческими коллективами, посвящены автоматизации физических практикумов, развитию компьютеризированного рабочего места лектора, созданию электронных учебников и т.д. И это все работы только одной кафедры только одного факультета! При этом нужно сказать, что в связи с заявленной тематикой семинара на нём не были представлены работы, связанные с созданием компьютерных практикумов по различным физическим дисциплинам – едва ли не основное направление развития электронного обучения на ФФ.

Форма компьютерного практикума стала по-настоящему самобытной, обгоняющей время находкой, и такие практикумы в короткое время были созданы по основным курсам физики. Под компьютерными практикумами понимались программы, выполняющие моделирование различных физических явлений и систем, позволяющие оперативно проводить численные эксперименты и визуализировать полученные результаты.

Одним из первых таких практикумов стал компьютерный практикум по электродинамике. Постановщиками первых его задач стали сотрудники Института ядерной физики, преподаватели университета А.Е. Переведенцев и Ю.И. Эйдельман; автору же выпала честь быть первым программистом этого практикума. И сейчас возможность расставить, скажем, электрические заряды и моментально получить картину электростатического поля, весьма полезна для обучения – двадцать пять лет назад она казалась просто фантастической. Практикум из трех лабораторных работ – численных моделей был запущен в учебный процесс в 1986 году. До конца 80-х годов он активно развивался, пополнялся новыми программами и учебными заданиями, выполнявшимися на их базе, обогащался идеями многих преподавателей кафедры общей физики. Нужно сказать, что в текущем году исполнится уже четверть века, как практикум работает в учебном процессе физического факультета. Конечно, за эти годы практикум был несколько раз перенесен на новые аппаратные платформы и операционные системы, существенно поменялся интерфейс пользователя, однако существо выполняемых лабораторных работ изменилось с 1985-1987 года весьма незначительно. За это время через него прошло более 4000 студентов, проведено более 80000 учебных человеко-часов, практикум был передан на десятки физических кафедр вузов страны, был переведен на испанский язык для вузов братской Кубы. В 1994 году практикум по электродинамике был представлен на первый европейский конкурс академического программного обеспечения EASA-94, проходивший в Германии в Гейдельберге. Практикум прошел несколько стадий предварительных отборов, вышел в финал. В ходе очного представления программ авторитетной международной комиссии авторы получили почетный диплом с формулировкой «for the excellence software».

Параллельно с практикумом по электродинамике развивались и другие. Два из них – практикум по квантовой механике и практикум «численное моделирование физических процессов», основным идеологом которых

был профессор Г.Л. Коткин, также работают в учебном процессе до сих пор. И до сих пор остаются совершенно уникальными явлениями в преподавании физики. Возможность рассчитывать на компьютере и визуализировать результаты расчетов квантовомеханических систем незаменима при изучении физики, поскольку развивает физическую интуицию и позволяет осуществлять самоконтроль понимания физики микромира. Практикум по численному моделированию физических процессов и явлений особенно интересен тем, что студент может в ходе работы с моделью модифицировать её, внося изменения в программный код.

Другим направлением штурма высот электронного обучения на ФФ НГУ было создание рабочего места лектора. Как и во многих других случаях, здесь есть своя предыстория. Первый ее шаг, в виде доски, сдвигающейся электромотором вверх, можно наблюдать на лекциях в Большой физической аудитории (БФА) и сегодня. К 1985 году БФА уже оборудована по периметру шестью телевизорами, как помнится, марки «Горизонт», на которых можно вести телетрансляции или передавать сигнал с видеомагнитофона. Вот к этому «распределенному» лекционному экрану подключался компьютер преподавателя. Сначала он выкатывался в стойке САМАС, а затем был вмонтирован в лекторскую кафедру. Что демонстрировали? Помню, что кажущаяся сегодня наиболее очевидной идея – слайды (презентации) – тоже обсуждалась. Однако, в то время, мы не имели хороших графических библиотек масштабируемых шрифтов, и слайды приходилось рисовать буквально попиксельно. В результате победила идея того же численного эксперимента, только адаптированного к лекционным реалиям.

Работа в направлении создания лекторского места, кстати, имела продолжение уже и на базе РС совместимых компьютеров. Там были уже и база данных учебных материалов различных типов, и сценарии презентаций, и даже видеофрагменты, правда, хранящиеся не в цифре, а в аналоговой форме на управляемом компьютером видеомагнитофоне. Рабочее место лектора разработки физического факультета представлялось на многих образовательных выставках. На одной из них Э. Пройдаков, в то время главный редактор Мира ПК, предложил авторам написать статью про разработку в этот журнал. Статья вышла в майском номере Мира ПК за 1995 год и называлась «Лекционная Мультимедиа Аудитория».

Параллельно с работами по электронному обучению, проводящимися на физическом факультете, в НГУ существовало еще несколько точек роста с самыми интересными и передовыми идеями применения компьютеров для обучения студентов. Они были на каждом факультете, в физико-математической школе и колледже информатики, являющихся частями «большого» НГУ.

Так, необычайно яркой системой электронного обучения был и до сих пор является программный комплекс ДИСФОР, созданный для студентов химиков. ДИСФОР является системой обучения и контроля знаний по органической химии и молекулярной спектроскопии. Система уже более 20 лет используется в учебном процессе факультета естественных наук НГУ; она была установлена в нескольких десятках вузов и сотнях школ страны. Комплекс ДИСФОР отмечен Золотой медалью ВДНХ СССР. Даже сейчас, спустя 20 лет, системе ДИСФОР нет аналогов в международной практике. Пытаться определить типологию такой уникальной разработки всегда непросто, однако думается, что отнесение ее к системам программированного обучения с экспертной системой в качестве выбора последовательности подачи учебного материала, не будет слишком большой ошибкой. Очень может быть, что в некотором будущем мы получим новый взлет интереса к программному обучению, основанному именно на принципах, заложенных в ДИСФОРе в конце 80-х. «Архитектором» ДИСФОРа стал А.А. Жижин, в те годы заведующий лабораторией терминальных систем НГУ и руководитель отдела «ЭВМ в учебном процессе». Экспертная система наполнялась многими преподавателями ФЕН, среди которых можно отметить А.В. Мануйлова, до сих пор остающегося активным поборником и проводником идей электронного обучения.

В качестве еще одного примера можно вспомнить, что на экономическом факультете НГУ в это же время на базе ТЕВУС компьютеризируются экономические игры. Один из зачинателей этого направления – профессор М.В. Лычагин. От своих друзей, студентов ММФ НГУ, помогавших в те годы в программной реализации алгоритмов этих игр, я знаю, что разработки выходили далеко за стены вуза и использовались, например, в краткосрочных курсах повышения квалификации, организуемых для руководителей крупных промышленных предприятий СССР...

Необходимо сказать, что усилия НГУ по компьютеризации учебного процесса активно поддерживались на министерском уровне. НГУ был головным вузом СССР в области информатизации учебного процесса. В университете действовала министерская программа целевой интенсивной подготовки специалистов (ЦИПС), благодаря которой была возможность аккумулировать на разработках в области электронного обучения несколько десятков человек.

К сожалению, «золотой век» электронного обучения в НГУ закончился, и закончился довольно резко. Первый удар пришелся на 1991-1992 годы, годы слома СССР. А после 1995 года из потока интересных проектов остаются считанные единицы, да и они ведутся недостаточными темпами. И причины этого спада также безынтересны для истории информатики. В какой мере это давление времени, в какой - невежество руководителей, а в какой – неумение справиться с организационными вопросами создания университетского технологического ядра? В анализе ошибок всегда заинтересованы те, кто не хочет их повторять.

В заключение можно сказать, что интерес к электронному обучению, интерес не только утилитарный, но и исследовательский, в последние годы в НГУ постепенно возрождается. В этой связи очень полезно обращение к доставшемуся нам наследию, яркому и богатому. Уверен, что его внимательное изучение способно дарить плодотворные и современные идеи еще многие годы.

Вычислительные средства для систем противоракетной и противосамолетной обороны страны. Роль С.А. Лебедева и В.С. Бурцева

Карпов Л.Е.¹, Карпова В.Б.²

¹ Институт системного программирования РАН

² Институт точной механики и вычислительной техники им. С. А. Лебедева РАН
mak@ispras.ru

Computational Tools for Anti-missile and Anti-aircraft Defense. The Role of S. Lebedev and V. Burtsev

Karpov L.¹, Karpova V.²

¹ Institute for System Programming RAS

² Lebedev Institute of Precision Mechanics and Computer Technology RAS

Часть 1

Сергей Алексеевич Лебедев и Всеволод Сергеевич Бурцев, учитель и ученик (*рис. 1*), возглавляли один из самых квалифицированных в нашей стране и в мире коллективов разработчиков вычислительной техники на протяжении 30 лет. При их непосредственном участии была фактически создана целая отрасль народного хозяйства, они внесли огромный вклад в повышение обороноспособности нашей страны и снижение уровня военного противостояния.



Рис. 1. С.А. Лебедев (слева) и В.С. Бурцев

Практически вся жизнь и деятельность этих двух замечательных ученых были посвящены нашей Родине, результаты их труда известны во всем мире, они до сих пор имеют и практическое значение.

Начиная с середины 1950-х годов С.А. Лебедев начал сотрудничество с главным конструктором системы противоракетной обороны (ПРО) полковником Григорием Васильевичем Кисунько (1918–1998). Результаты творческого взаимодействия этих замечательных учёных широко известны. К 1961 году в ИТМиВТ параллельно с разработками новых модификаций машины БЭСМ (БЭСМ-2, БЭСМ-3) и более современной машины М-20 (также выпускавшейся заводами в Ульяновске и Казани под разными наименованиями – БЭСМ-3М, БЭСМ-4, БЭСМ-4М, М-220, М-222) была разработана и подготовлена к Государственным испытаниям и другая линия вычислительных машин – машин специального назначения, предназначенных для работы в составе крупных управляющих комплексов.

Началась эта линия с ламповой машины М-40 (*рис. 2*), которая в процессе развития элементной базы и теории структур вычислительных машин последовательно принимала формы М-50, 5Э92, 5Э92б и, наконец, превратилась в серийно выпускаемую полупроводниковую машину 5Э51. Вся эта работа продолжалась около 15 лет. По её результатам С.А. Лебедев и его ученик В.С. Бурцев стали участниками Государственных испытаний, во время которых управляемый разработанными ими ЭВМ комплекс сумел осуществить поражение головной части баллистической ракеты (с эффективной поверхностью рассеивания около $0,2 \text{ м}^2$), разрабатывали вычислительные средства для экспериментальной системы противоракетной обороны – системы А (*рис. 3*) и сыграли большую роль в развитии вычислительной техники в СССР, за что в 1966 году получили Ленинскую премию.

Серийный выпуск разработанных под руководством С.А. Лебедева и В.С. Бурцева ЭВМ 5Э51 начался в 1967 году. Машины 5Э51 использовались при создании многомашинных комплексов с единой внешней памя-

тью, состоящей из большого количества магнитных барабанов, дисков и лент. Один из таких четырехмашинных комплексов работал в Центре контроля космического пространства (ЦККП). Позднее, при разработке МВК «Эльбрус» в ИТМиВТ машины 5Э51 использовались как вычислительные средства для системы автоматизации проектирования.



Рис. 2. Машинный зал М-40

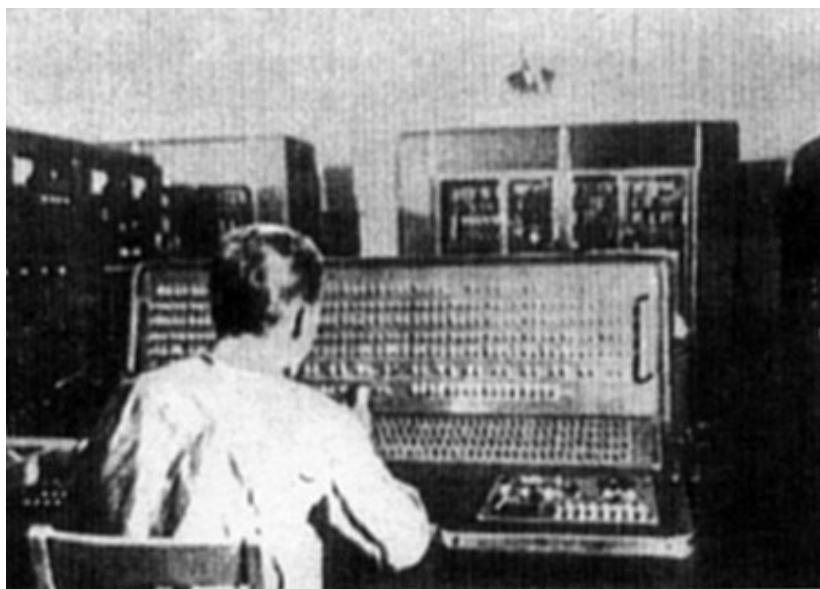


Рис. 3. Оператор М-40 за работой во время испытательного пуска противоракеты

С конца 1960-х до середины 1970-х годов С.А. Лебедев вел еще одну разработку, чрезвычайно важную для обороны страны. На этот раз его заместителем был Игорь Константинович Хайлов, один из ближайших соратников и друзей В. С. Бурцева.

Перевозимый высокопроизводительный вычислительный комплекс специального применения 5Э65 предназначался для использования в системах противоракетной и противосамолетной обороны. Он был построен на полупроводниковых элементах и обеспечивал проведение работ в полевых условиях в реальном масштабе времени с высокой степенью достоверности, которая достигалась за счет применения памяти с неразрушающим считыванием, полного аппаратного контроля, средств устранения последствий сбоев. Эффективности проведения вычислительного процесса способствовали переменная длина слова (12, 24, 36 разрядов), безадресная сис-

тема команд, магазинная организация арифметического устройства.

С применением комплекса были произведены исследования различных бортовых средств радиоизмерений и радионавигации в атмосфере и в космосе, отработка радиолокационной станции (РЛС) и противоракет. Машина располагалась в автоприцепе и имела производительность 200 тысяч операций в секунду, наработку на отказ 100 часов. В машине 5Э65 применялась крупноблочная конструкция и двухслойные печатные платы.

Вариант 5Э67 представлял собой модификацию 5Э65 с общим полем внешней памяти и аппаратно-программными средствами реконфигурации на уровне машин. Комплекс обеспечивал работу в жестких климатических условиях. С участием комплекса были произведены уникальные радиоизмерения эпизодических явлений в верхних слоях атмосферы в реальном масштабе времени.

Машина располагалась в 4 автоприцепах и имела производительность 600 тысяч операций в секунду и наработку на отказ 1000 часов.

Машины 5Э65 и 5Э67 были выпущены в весьма малом количестве экземпляров. Выпуск этих машин был приостановлен в связи с подписанием и вступлением в силу договора об ограничении стратегических наступательных вооружений ОСВ-1.



Рис. 4. Инженерный пульт МВК Эльбрус 2

Параллельно с разработкой ЭВМ для системы противосамолетной обороны С-300П В.С. Бурцев в качестве Главного конструктора работает над многопроцессорным вычислительным комплексом (МВК) «Эльбрус» (рис. 4). Замечательные по своей структуре и качеству разработки ЭВМ для С-300П были для В.С. Бурцева этапом на пути к созданию сверхбыстродействующего вычислительного комплекса с суммарной производительностью около 100 млн. оп/с. Именно такую производительность требовалось по расчетам Г.В. Кисунько достичь для детального анализа отраженного сигнала в новой системе ПРО.

МВК Эльбрус создавался в два этапа:

- на первом этапе отрабатывались новые архитектурные принципы, включая программное обеспечение;
- на втором этапе наряду с принципами архитектуры отрабатывалась новая конструкторско-технологическая база.

Результатом первого этапа стала реализация 10-процессорного МВК «Эльбрус-1» с производительностью 15 млн. оп/с, элементная база для которого была полностью освоена при разработке ЭВМ 5Э261 и 5Э262. На втором этапе был создан МВК «Эльбрус-2» (рис. 5) производительностью 120 млн. оп/с и объемом ОЗУ в 160 Мбайт. В состав комплексов входили центральные процессоры (до 10 штук). Контроль технического состояния комплексов Эльбрус осуществлялся специально разработанной аппаратурой. Проектом была предусмотрена возможность использования специализированных процессоров наряду с универсальными:

- *специализированная вычислительная система (СВС, Эльбрус-1К2)* – для реализации прикладных программ, написанных для ЭВМ БЭСМ-6;
- *процессор быстрого преобразования Фурье (БПФ);*
- *универсального инженерного пульта (УИП)* – для



Рис. 5. Открытый шкаф МВК Эльбрус-2

контроля, диагностики и ремонта модулей МВК Эльбрус.

Серийный выпуск многопроцессорного вычислительного комплекса (МВК) Эльбрус-1, предназначенного для двойного применения в задачах управления и научных расчетов, начался в 1980 году. Эльбрус-2 серийно выпускался с 1985 года.

По структуре и программному обеспечению МВК Эльбрус-2 незначительно отличается от МВК Эльбрус-1, однако при его разработке использована гораздо более современная элементная база. МВК Эльбрус-2 использовались в оборонной отрасли, в ядерных исследовательских центрах, а с 1991 г. применялись в системе противоракетной обороны А-135 и в других военных объектах.

Работа С.А. Лебедева и его ближайшего ученика В.С. Бурцева всегда была направлена на благо отечества.

Часть 2

На практике доказав колоссальные возможности цифровой техники при управлении сложнейшими техническими комплексами, успешно проведя в 1961 году Государственные испытания прототипа системы противоракетной обороны, завершившиеся уничтожением головной части баллистической ракеты, Сергей Алексеевич Лебедев и Всеволод Сергеевич Бурцев продолжили работу по разработке новых вычислительных машин, которые могли бы решать все усложнявшиеся задачи. Внешнеполитические условия требовали постоянного внимания к вопросам повышения обороноспособности нашей страны. Демонстрируя возможности отечественных ученых и инженеров, С.А. Лебедев и В.С. Бурцев вносили свой вклад в снижение уровня военного противостояния.

Совершенно очевидно, что грандиозность поставленной задачи требовала высокой степени организованности коллектива, который приходилось создавать прямо по мере развития выполнявшегося проекта. С.А. Лебедев всегда уделял максимум внимания вопросам развития коллектива разработчиков. Еще в 1950 году по приглашению директора академического Института точной механики и вычислительной техники (ИТМиВТ) академика Михаила Алексеевича Лаврентьева С.А. Лебедев начал работу над быстродействующей электронной счетной машиной (БЭСМ) с формирования группы высококвалифицированных инженеров.

Сотрудников в институте в начале 1950-х годов было мало, специалистов в области электронной вычислительной техники не хватало. Приступив к новой работе, С.А. Лебедев сразу начал преподавать в Московском Энергетическом институте (МЭИ), выделившемся из Московского Высшего Технического училища (МВТУ), которое он окончил. В МЭИ ему удалось создать группу из девяти студентов, которые сразу же подключились к работе над БЭСМ.

Обучение своих студентов С.А. Лебедев вел по системе Физтеха, к созданию которого он также приложил свои усилия. Студентам выдали производственные задания, они были вовлечены в настоящую научную и практическую работу института. Результаты, показанные студентами этой группы, блестяще подтверждают умение Сергея Алексеевича разглядеть в совсем молодых людях их способности и таланты. Все студенты стали впоследствии кандидатами наук, пятеро из девяти защитили докторские диссертации, они получили одну Ленинскую премию и семь Государственных, двое стали действительными членами Академии наук СССР. Среди этих студентов был и Всеволод Сергеевич Бурцев. Его дипломный проект был связан с разработкой блока управления командами машины БЭСМ, он был выполнен и защищен вполне успешно: вскоре БЭСМ прошла Государственные испытания и была принята в эксплуатацию.

Когда В. С. Бурцев уже стал штатным сотрудником ИТМиВТ, в институте была создана группа, которая занималась разработкой методов связи между цифровыми машинами и реальными объектами и исследовала возможности применения цифровых машин для управления реальными объектами. Основой этих работ были исследования методов преобразования дискретных величин в непрерывные и обратно.

Хотя эта работа стояла в стороне от основной тематики Института по разработке сверхбыстродействующих машин, но С. А. Лебедев считал возможным не только проводить эти исследования, но и по завершению разработки БЭСМ счел необходимым существенно их усилить, переведя в эту группу В.С. Бурцева с рядом сотрудников.

С. А. Лебедев обладал удивительной способностью, характерной для лучших русских ученых: он умел ставить ранее не известные, но не менее важные задачи. Он понял, что молодежи требуется дело, которое не будет казаться слишком легким, и поставил перед своими молодыми коллегами задачу, которая заведомо не могла быть решена *«за четыре месяца»* – задачу управления объектами в реальном времени.

В.С. Бурцев вспоминал: *«Мы поехали с ним в НИИ-17 к Виктору Васильевичу Тихомирову, главному конструктору всех наших самолетных радиолокационных средств. Он выделил нам станцию обзорного действия «Топаз», установленную на самолете для прикрытия хвоста бомбардировщика. На этой станции мы снимали данные с радиолокатора обзорного действия и впервые осуществили одновременное сопровождение нескольких целей».*

Большой опыт В. С. Бурцева и его сотрудников в разработке БЭСМ позволил провести опытную работу по разработке малых вычислительных машин «Диана-1» и «Диана-2». Малая вычислительная машина «Диана-1» последовательного действия с коммутируемой программной обработкой, предназначалась для работы в составе систем наведения самолетов-истребителей на цели. Машина проводила автоматическое снятие данных с радиолокатора с селекцией объекта от шумов, переводила их в цифровой вид и выдавала траектории движения нескольких целей на экраны.

Система команд машин «Диана-1» и «Диана-2» была одноадресной и состояла из 14 команд, машина

«Диана-2» кроме целочисленных вычислений могла также оперировать с 10-разрядными числами, имевшими фиксированную запятую. В состав машин входила командная память на 256 команд, 3У констант, оперативная память на магнитострикционных линиях задержки, логические элементы на миниатюрных радиолампах.

Созданной С.А. Лебедевым группой первые в СССР на макете радиолокационной станции обзорного действия был проведен эксперимент одновременного сопровождения нескольких реальных целей (до 10 самолетов) и наведения самолета на эти цели при опережающем расчете их траекторий. Выдача координат осуществлялась в дискретном цифровом виде. В 1956 году этот эксперимент был повторен на реальных испытаниях под Курском на серийной станции П-30 с посылкой оцифрованного сигнала управления на самолет перехвата целей.

Задача, поставленная С.А. Лебедевым, определила деятельность В.С. Бурцева на долгие годы, построение надежных вычислительных комплексов для систем реального времени стало делом всей его жизни.

В 1969 году С.А. Лебедев и В.С. Бурцев стали выполнять разработку новой серии вычислительных машин, предназначенных для использования в возимой противосамолетной системе. С.А. Лебедев не дожидаясь завершения разработки. Он скончался 3 июля 1974 года, на посту директора Института его сменил В.С. Бурцев. Первоначально в серию входили только две ЭВМ – 5Э261 и 5Э262 (несколько уменьшенный по габаритам и объему памяти вариант). Эти ЭВМ имели три центральных процессора и были построены по модульному принципу. Все модули (центральные процессоры, устройства обмена, блоки оперативной памяти и памяти команд) были охвачены внутренней системой полного аппаратного контроля, что позволяло обеспечивать резервирование на уровне модулей на случаи сбоев и отказов и проводить автоматическую реконфигурацию вычислительных комплексов непосредственно в процессе выполнения боевой задачи.

Совокупная производительность комплекса не уступала производительности БЭСМ-6, но вместо площади в 200 кв. м, новой ЭВМ требовалось не более 3 кв. м.

Сам комплекс противоздушной обороны С-300П разрабатывался под руководством Генерального конструктора Бориса Васильевича Бункина, который был очень высокого мнения об ИТМиВТ, о работах С.А. Лебедева и В.С. Бурцева. Умение разработчиков ИТМиВТ создавать отказоустойчивые системы способствовало тому, что при отработке системы С-300 по вине ЭВМ было не так много испорченных пусков.

Машина 5Э261 (рис. 1) – одна из первых в нашей стране многопроцессорная высокопроизводительная мобильная управляющая вычислительная система, построенная по модульному принципу, с ней системой автоматического резервирования, базирующейся на аппаратном контроле по модулю 3.

ЭВМ работают в широком диапазоне климатических и механических воздействий, имеют систему автоматизации программирования. Машины работали в составе систем ПВО С-300ПТ сухопутного и морского базирования и в ряде других систем управления реального времени. Производительность машин составляла 1,5 миллиона операций в секунду, длина слова 32 разряда, представление информации – слово, полуслово, байт, отдельный разряд. Объем оперативной памяти от 3 (5Э262) до 5 (5Э261) блоков по 8К байт, из которых один блок находится в резерве. Объем командной памяти от 2 (5Э262) до 4 (5Э261) блоков по 64К байт.

В машине имелось независимое устройство обмена информацией (одно такое же устройство находится в резерве) по 12 каналам связи.

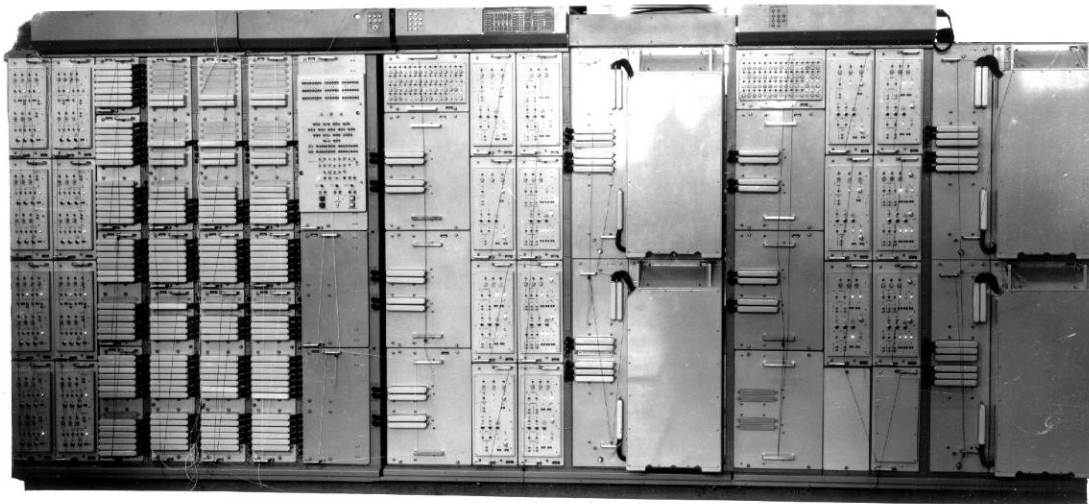


Рис. 1. ЭВМ 5Э261

Машина имеет энергонезависимую память команд на микробликах, а также возможность электрической перезаписи информации с применением внешней аппаратуры записи.



Рис. 2. ЭВМ 40У6 в составе управляющей станции С-300ПМУ1

Размер команды – переменный, от 1 до 4 байт. Адресация команд – с точностью до байта, адресация констант и оперативных данных – с точностью до 1 разряда. Для представления чисел была выбрана четверичная система счисления, позволявшая существенно увеличить диапазон представимых чисел с небольшой потерей точности.

Система команд позволяла использовать как одноадресные, так и безадресные (магазинные) команды. Среди замечательных особенностей системы адресации – наличие «епного» азряда в адресных дескрипторах, позволяющего обеспечивать косвенную адресацию произвольной глубины косвенности (в том числе в командах косвенных безусловных переходов).

Машина 5Э262 по сравнению с 5Э261 имела половинный объем памяти команд и оперативной памяти и, как следствие, уменьшенные габариты.

С появлением новой элементной базы в середине 80-х годов были разработаны полностью программно совместимые с первыми моделями серии ЭВМ 5Э265 и 5Э266 (также уменьшенный в габаритах и по объему памяти вариант), ставшие самыми массово выпускаемыми вычислительными машинами в СССР.

Уже после того как В.С. Бурцев перестал быть директором института, работа над серией ЭВМ для системы С-300П продолжилась. В 1990 году закончилась разработка и началось серийное изготовление комплекса 40У6 (рис. 2).

Пятипроцессорный вычислительный комплекс 40У6 до сих пор используется в составе системы С-300ПМ сухопутного и морского базирования, а также в сложных системах управления крупными объектами специального назначения, рассчитан на работу в широком диапазоне климатических и механических воздействий. В составе систем ПВО С-300ПМУ1 эта ЭВМ поставляется в Индию и Китай.

Наши выдающиеся ученые С.А. Лебедев и В.С. Бурцев внесли огромный вклад в развитие отечественной науки, много сделали для развития отечественной промышленности, но особенно важен их вклад в повышение безопасности страны. Изучение творческого наследия С.А. Лебедева и В.С. Бурцева, сохранение памяти о них, их коллегах и достижениях является нашей общей задачей.

Список литературы

1. <http://www.ipmce.ru/>
2. <http://www.computer-museum.ru/>
3. В.С. Бурцев и др., Принципы построения многопроцессорных вычислительных комплексов Эльбрус. ИТМиВТ, 1977.
4. В.С. Бурцев и др., Тенденции развития высокопроизводительных систем и многопроцессорные вычислительные комплексы, ИТМиВТ, 1977.
5. Королев Л.Н. Структура ЭВМ и их математическое обеспечение. Главная редакция физико-математической литературы, М., «Наука», 1978.
7. В. М. Пентковский. Автокод эльбрус. Под ред. А.П. Ершова, М., «Наука», 1982.
8. Л.Е. Карпов. Программная система – Универсальный инженерный пульт МВК Эльбрус, ИТМиВТ, 1984.
9. От БЭСМ до суперЭВМ. Страницы истории ИТМиВТ им. С.А. Лебедева АН СССР в воспоминаниях сотрудников.

- Институт точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева, под ред. Г.Г. Рябова, в 2 томах, 1988.
10. С.А. Лебедев – творец отечественных ЭВМ. Институт точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева, под ред. Г. Г. Рябова, 1990, 2002.
 11. Б.Н. Малиновский История вычислительной техники в лицах. К.: фирма «КИТ», ПТОО «А.С.К.», 1995. - 384 с., ил. ISBN 5-7707-6131-8 (<http://lib.ru/memuary/malinowskij/0.txt>).
 12. В.С. Бурцев Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры суперЭВМ, М., т. 1, 1997, т. 2, 1998.
 13. Сергей Алексеевич Лебедев. К 100-летию со дня рождения основоположника отечественной электронной вычислительной техники. Под ред. В.С. Бурцева, М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.
 14. Т.А. Бурцева, Л.Е. Карпов, В.Б. Карпова, Всеволод Бурцев и суперЭВМ. Открытые системы. СУБД. № 9, 2007 г., стр. 70-73 (<http://www.osp.ru/os/2007/09/4570045/>).
 15. Л.Е. Карпов, В.Б. Карпова, СуперЭВМ – от задач к машине. Открытые системы. СУБД. № 4, 2010 г., стр. 54-58 (<http://www.osp.ru/os/2010/04/13002418/>).
 16. Я.А. Хетагуров (ред.), История отечественных управляющих вычислительных машин (1955-1987 гг.). Труды Виртуального компьютерного музея, М., 2011 г. (www.computer-museum.ru).

Три первых директора ИТМиВТ АН СССР

Карпов Л. Е.¹, Карпова В. Б.²

¹ Институт системного программирования РАН

² Институт точной механики и вычислительной техники им. С. А. Лебедева РАН
mak@ispras.ru

The First Three Directors of the USSR AS IPMCT

Karpov L.¹, Karpova V.²

¹ Institute for System Programming RAS

² Lebedev Institute of Precision Mechanics and Computer Technology RAS

Институт Точной механики и Вычислительной техники был образован для создания в СССР новых средств вычислительной техники, в первую очередь – быстродействующей вычислительной машины (тогда еще не существовало термина суперЭВМ).

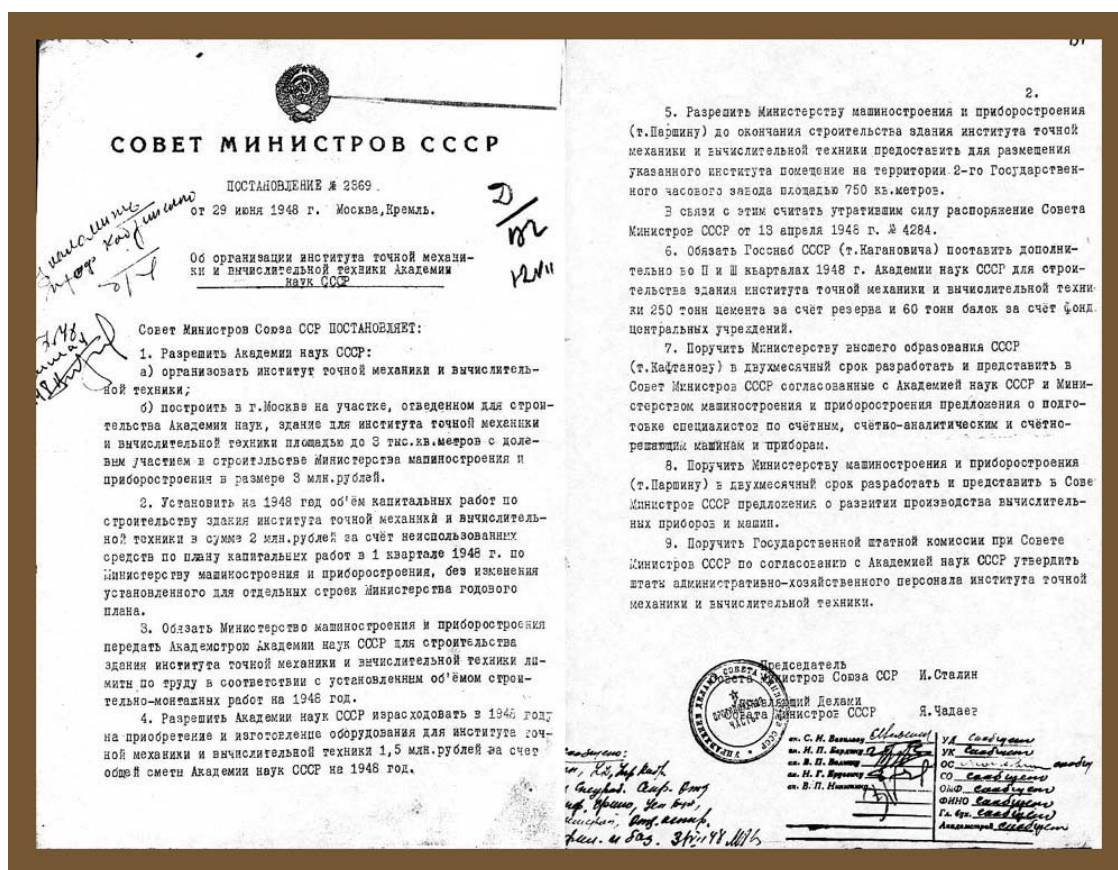


Рис. 1. Постановление Правительства СССР об образовании Института точной механики и вычислительной техники Академии наук СССР

Постановление Совета Министров СССР 1948 года о формировании нового института в составе Академии наук СССР подписано главой Правительства СССР И.В. Сталиным (рис. 1). Первый приказ по ИТМиВТ сооб- щал о начале исполнения обязанностей первым директором института Николаем Григорьевичем Бруевичем.

Н.Г. Бруевич (рис. 2) – один из крупнейших специалистов в области механической вычислительной техни- ки. Н.Г. Бруевич родился в 1896 году. В 1923 году окончил МГУ, а в 1930 – Московский авиационный инсти- тут. С 1929 года до 1961 года преподавал в Военно-воздушной инженерной академии им. Н.Е. Жуковского. В 1939 году Н. Г. Бруевич был избран членом-корреспондентом АН СССР по Отделению технических наук, а в 1942 году стал действительным членом Академик по Отделению технических наук (механика, теория механиз- мов и машин).

ИТМиВТ образован на базе трех институтов АН СССР: института Машиноведения, Энергетического и Математического институтов. Директором ИТМиВТ Н. Г. Бруевич был с 1948 по 1950 год.

Одной из его работ во время Великой Отечественной войны было создание прицелов для прицельного бомбометания с пикирующих бомбардировщиков. Такие прицелы, принцип действия которых основывался на

сложных математических расчетах траекторий бомбардировщика и авиационных бомб, существенно повысили действенность отечественной авиации, спасли немало наших лётчиков.

В ИТМиВТ с начала 1949 года велась работа по макетированию отдельных элементов ЭВМ. Были опробованы различные варианты триггерных схем, разработаны схемы счетчиков, сумматоров, дешифраторов. В сентябре 1949 года в составе отдела точной механики была образована группа для проведения предварительных работ по быстродействующим цифровым математическим машинам. В это время в ИТМиВТ еще не знали о работах С.А. Лебедева (1902-1974) в Киеве. Только в январе 1950 года Михаил Алексеевич Лаврентьев и Сергей Алексеевич Лебедев впервые посетили ИТМиВТ, где Н. Г. Бруевич познакомил их с работами института и его сотрудниками.



Рис. 2. Первый директор ИТМиВТ АН СССР
Н. Г. Бруевич



Рис. 3. М. А. Лаврентьев – второй директор
ИТМиВТ АН СССР

Почти сразу после этого, неожиданно для всех, директором ИТМиВТ был назначен академик М.А. Лаврентьев, с именем которого связана дальнейшая история ИТМиВТ (рис. 3).

Выдающийся учёный в области математики и механики М.А. Лаврентьев родился в 1900 году в Казани. В 1918 году он поступил в Казанский университет, но в 1921 году переехал в Москву и перевелся на физико-математический факультет МГУ, который закончил в 1922 году. До 1929 года М.А. Лаврентьев преподавал в Московском высшем техническом училище. С 1929 стал М.А. Лаврентьев стал заведовать кафедрой и получил звание профессора Московского химико-технологического института. В том же году он начал работать старшим инженером Центрального аэрогидродинамического института им. Н.Е. Жуковского (ЦАГИ). В круг интересов Лаврентьева и его группы входили такие разделы гидро- и аэродинамики, как теория колеблющегося крыла, построение потока, обтекающего дугу заданной формы и ряд других. Полученные результаты в дальнейшем использовались, в частности, при решении проблемы флаттера. Был найден общий метод решения задачи обтекания тонких крыловых профилей произвольной формы. В 1931 году М.А. Лаврентьев стал профессором МГУ.

По совокупности научных работ М.А. Лаврентьеву в 1934 году была присуждена ученая степень доктора технических наук без защиты диссертации. В 1935 году М.А. Лаврентьев стал доктором физико-математических наук и старшим научным сотрудником в Математическом институте им. В.А.Стеклова Академии наук СССР, где проработал более 25 лет. В 1939 году М.А. Лаврентьев был избран действительным членом Академии наук Украинской ССР и директором Математического института АН УССР. Переехав в Киев, он преподавал в Киевском университете и заведовал Математическим отделением АН УССР.

В годы Отечественной войны вместе с АН УССР Лаврентьев был эвакуирован на Урал в Уфу, где продолжил исследования в области взрывов, разработал гидродинамическую теорию кумуляции. Кумулятивный эффект – открытое еще во второй половине 19 века усиление пробивной способности снаряда при специальном его устройстве, таком, что при соударении снаряда с преградой образуется высокоскоростная (кумулятивная) струя из пороховых газов и продуктов расплава металлической оболочки, прожигающая преграду. В эвакуации М.А. Лаврентьев участвовал в создании отечественного кумулятивного снаряда.

На основе гидродинамической теории кумуляции были разработаны и доставлены на фронт сотни тысяч бомб весом всего 1,5 кг. Знаменитый штурмовик ИЛ-2 брал на борт 600 килограмм таких бомб. Одной такой бомбы оказывалось достаточно, чтобы прожечь насквозь броню фашистских танков. Бомбы с кумулятивным зарядом, в частности, способствовали наступлению переломного момента в пользу советских войск во время

битвы на Орловско-Курской дуге. Теория взрывов играла огромную роль и в послевоенные годы.

С самого начала работ по созданию отечественных ЭВМ М.А. Лаврентьев проявлял к ним серьезный интерес. Именно он подтолкнул С.А. Лебедева к окончательному решению заняться разработкой цифровой ЭВМ. М.А. Лаврентьев, работавший, как и С. А. Лебедев, в Феофании под Киевом, активно участвовал в обсуждении основ создания малой электронной счетной машины (МЭСМ) на семинаре, организованном С.А. Лебедевым в 1949 году. В конце декабря 1951 года М.А. Лаврентьев принимал участие в работе комиссии АН СССР под руководством М.В. Келдыша, проводившей испытания МЭСМ и приемку ее в эксплуатацию.

В 1949 году, когда в Феофании вступили в завершающую стадию работы по созданию МЭСМ, М.А. Лаврентьев написал письмо И.В. Сталину, в котором обосновал необходимость ускорить исследования в области дискретной вычислительной техники. В письме описывались перспективы использования ЭВМ в научных, народно-хозяйственных и оборонных целях. Реакцией на это письмо (в 1950 году, через полмесяца после отправки) стало неожиданное для самого М.А. Лаврентьева его назначение директором ИТМиВТ. Перед ним поставили задачу создания быстродействующей электронной счетной машины (БЭСМ). М.А. Лаврентьев пригласил С.А. Лебедева, еще жившего в Киеве, на должность заведующего лабораторией ИТМиВТ (рис. 4).

Постановление Правительства СССР определило разработку сразу двух ЭВМ, ответственными были названы: от Академии наук СССР – М.А. Лаврентьев и главный конструктор (машины БЭСМ) С.А. Лебедев, от министерства машиностроения и приборостроения – М.А. Лесечко и главный конструктор (машины «Стрела») Ю.Я. Базилевский. Этот факт в условиях серьезного дефицита комплектующих элементов и производственных мощностей для их изготовления привел к необходимости мобилизации всех сил и возможностей М.А. Лаврентьева, твердо уверенного в превосходстве решений, предложенных С. А. Лебедевым.

В 1953 году М.А. Лаврентьев был избран вице-президентом АН СССР, а директором ИТМиВТ стал С.А. Лебедев, уже сложившийся учёный, наиболее далеко продвинувшийся в понимании возможностей цифровой техники. Первые работы С. А. Лебедева были связаны с электротехникой и решением проблем устойчивой работы крупных энергетических сетей и передачи электроэнергии на большие расстояния. Особенно стал заметен результат его деятельности во время Великой Отечественной войны, когда на основе его теоретических работ и введению средств автоматического регулирования возбуждения число системных аварий в энергетических сетях Урала снизилось с 33-х в 1942 году до двух в 1943 и двух в 1944 годах, а в 1945 году не было ни одной аварии.

Война заставила С.А. Лебедева переключиться на непосредственную помощь армии. В декабре 1941 года С.А. Лебедев занялся аэродинамикой и динамикой летательного аппарата. Им была разработана четырехкрылая система с автономным управлением. Во время войны он был главным конструктором «управляемого оружия». Во время войны С. А. Лебедев разработал вскоре принятую на вооружение систему стабилизации танкового орудия при прицеливании. За эту работу С.А. Лебедев был награжден орденом Трудового Красного Знамени и медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.».

Всю оставшуюся жизнь С.А. Лебедев отдал Институту точной механики и вычислительной техники, который с 1975 года стал носить его имя. За 25 лет работы в ИТМиВТ С.А. Лебедев успел много сделать. При его непосредственном участии возникло грандиозное явление – отечественная вычислительная техника, гордость великого ученого. Каждая из разработанных им ЭВМ отвечала уровню лучших мировых образцов по многим характеристикам, и прежде всего, по архитектуре.

Три первых директора ИТМ много сделали в науке. Все трое получили признание и стали действительными членами Академии наук. Они были награждены высшими Государственными наградами, получили международное признание. Судьба свела их вместе, объединенных желанием сделать свою Родину могущественной, дать ей в распоряжение новый, неведомый ранее инструмент научного познания мира. Во время тяжелой войны все они работали для общей победы, каждый из них внес в эту победу свой неоспоримый вклад. Символично, что в самом начале истории научного учреждения были такие замечательные люди. Их увлеченность наукой, самоотверженный труд служили и служат примером всем сотрудникам ИТМиВТ.



Рис. 4. С. А. Лебедев – третий директор ИТМиВТ АН СССР

Теоретико-графовые методы в программировании

Касьянов В.Н.

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск
kvn@iis.nsk.su

Graph-Theory Methods in Programming

Kasyanov V.

A.P. Ershov Institute of Informatics Systems SB RAS, Novosibirsk

Abstract. Graph-theory methods are used in programming almost everywhere, since graph is a very natural way of explaining complex situations on an intuitive level and any system that consists of discrete states (or sites) and connections between them can be modeled by a graph.

In the paper, the first results of academician Andrei Ershov on application of graph-theory methods in programming are considered. The methods of information visualization on the base of graph models are discussed. The Wiki GRAPP and WEGA systems intended to help in teaching and research in graph theory, graph algorithms and their applications to programming are presented.

Введение

Теория графов стала активно применяться на заре программирования в силу удобного выражения задач обработки информации на теоретико-графовом языке. Расширение круга задач, решаемых на ЭВМ, потребовало выхода на модели дискретной математики, что привело к подлинному расцвету теории графов и комбинаторики, которые за прошедшие полвека трансформировались из разделов «досуговой» математики в первостепенный инструмент решения огромного числа задач. Академик Андрей Петрович Ершов, основатель сибирской школы информатики и программирования, называл графы основной конструкцией для программиста и говорил, что «графы обладают огромной, неисчерпаемой изобразительной силой, соразмерной масштабу задачи программирования».

Современное состояние программирования нельзя представить себе без применения теоретико-графовых методов и алгоритмов. Широкая применимость графов связана с тем, что они являются очень естественным средством объяснения сложных ситуаций на интуитивном уровне. Эти преимущества представления сложных структур и процессов графами становятся еще более ощутимыми при наличии хороших средств их визуализации. Поэтому неслучайно в настоящее время одним из наиболее актуальных направлений применения графов в программировании является визуализация информации на основе графов и графовых моделей [5–9].

Доклад начинается с описания вклада академика А. П. Ершова в становление и развитие теоретико-графовых моделей и методов в программировании. Далее рассматриваются вопросы визуализации информации на основе графов и графовых моделей. Доклад завершается рассмотрением работ по созданию электронного словаря по графам в информатике WikiGRAPP и электронной энциклопедии графовых алгоритмов WEGA, которые ведутся в Институте систем информатики им. А. П. Ершова СО РАН при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 09-07-0012).

1. А. П. Ершов и графы в программировании

Трудно переоценить вклад А. П. Ершова в становление и развитие теоретико-графовых моделей и методов в программировании [4]. Среди первых работ, существенно использующих теоретико-графовые методы в решении задач программирования, можно отметить широко известные работы А. П. Ершова по организации вычисления арифметических выражений (1958 г.), граф-схемной модели для императивных программ в виде операторных алгоритмов (1958–1962 гг.), теории схем Янова с использованием их графового представления и концепции так называемой разметки (1966–1968 гг.) и граф-схемной теории экономии памяти (1961–1966, 1972 г.).

Первой книгой, посвященной применению графов в программировании, была изданная в 1977 г. монография А. П. Ершова [3], в которой он рассмотрел две классические задачи теоретического программирования, решения которых и развитие на этих решениях методы привели к созданию теоретического программирования как самостоятельной математической дисциплины. Это задача экономии памяти в операторных схемах Лаврова и задача построения полной системы преобразований в схемах Янова. В данной книге, написанной в виде беседы с читателем, Андрей Петрович продемонстрировал применение графовых методов к решению задач программирования в действии, начиная с элементарных постановок решаемых задач и кончая полным решением проблем во всей их сложности.

Программирование, по словам А. П. Ершова, – это новый вид универсальной деятельности, при которой человек должен вложить в ЭВМ все, что видит, слышит, знает, и научить ее всему, что делает сам. Важнейшим свойством информационной модели или управляющей системы является ее структура, или говоря математическим языком, совокупность бинарных отношений на наборах элементарных единиц данных и действий. Эти структуры данных и структуры действий являются единственными ипостасями программ и обрабатываемой ими информации, в которых они могут существовать в воображении программиста во чреве компьютера. Вот почему, утверждал Андрей Петрович, графы являются основной конструкцией для программиста. Он считал, что графы обладают огромной, неисчерпаемой изобразительной силой, соразмерной масштабу задачи программирования, и говорил, что «программисту о графах нужно много знать, при этом с большим запасом по отношению к любой конкретной задаче».

Поэтому не случайно, что в отличие от Москвы, где, начиная с работ Юрия Ивановича Янова, в большей степени развивался логический подход к программированию, или Киева, где в работах Виктора Михайловича Глушкова и его учеников явно прослеживается приоритет алгебраических методов, Новосибирск стал центром применения графовых моделей и методов в программировании. Созданная в Новосибирске академиком А. П. Ершовым и его учениками авторитетная школа программирования, пользующаяся мировой известностью, внесла значительный вклад в становление и развитие теоретического и системного программирования с использованием теоретико-графовых методов.

2. Графы и визуализация информации

Теория графов из академической дисциплины все более превращается в средство, владение которым становится решающим для успешного применения компьютеров во многих прикладных областях. Одно из основных современных направлений применения теоретико-графовых методов связано с вопросами визуализации обрабатываемой информации [5–9].

Визуализация информации – это процесс преобразования больших и сложных видов абстрактной информации в интуитивно понятную визуальную форму. Универсальным средством такого представления структурированной информации являются графы. Графы применяются для представления любой информации, которую можно промоделировать в виде объектов и связей между объектами. Поэтому визуализация графовых моделей является ключевой компонентой во многих приложениях в науке и технике, а методы визуализации графов представляют собой теоретическую основу методов визуализации абстрактной информации.

Активная разработка методов и средств визуализации графов началась во второй половине 80-х годов прошлого столетия. Это было связано, с одной стороны, с возросшей потребностью оперировать с большими объемами информации и сложными структурами данных, которые достаточно естественным образом представляются графами, а с другой стороны, с существенным прогрессом в развитии аппаратных средств, позволившим сделать графический интерфейс и компьютерную графику удобным и эффективным средством общения человека с компьютером.

В настоящее время вопросам визуальной обработки графов и графовых моделей посвящена обширная литература, а на рынке широко представлены наукоемкие программные продукты, использующие методы визуализации информации на основе графовых моделей. Среди них есть как специализированные системы, ориентированные на визуализацию определенных подклассов графов и/или специальные применения, так и библиотеки и программные комплексы, предназначенные для визуализации графов общего вида и назначения.

Граф может рисоваться на плоскости или в трехмерном пространстве. Он может изображаться целиком, частично или иерархически, например, путем стягивания некоторых его подграфов в вершины, которые могут раскрываться по требованию. Изображения графа могут быть не только статическими, но и интерактивными, поддерживающими различные способы навигации, адекватные потребностям пользователя. Интерактивная визуализация может быть вызвана не только динамическим характером работы с визуальным представлением графа в приложении, но и большим размером визуализируемого графа. Если число элементов графа велико, его обработка может занимать неприемлемо большие ресурсы или даже достигать предельных возможностей используемой для визуализации платформы. Даже если возможно разместить и показать все элементы большого графа, часто возникают проблемы наглядности и удобства, поскольку в таком изображении графа становится невозможным различать его элементы и их взаимосвязи. Интерактивная визуализация превращает статическую демонстрацию визуального представления информации в непрерывный процесс взаимодействия пользователя с информацией через её визуальное отображение и доступные ему методы навигации. Пользователь может исследовать, рассматривать, открывать, узнавать данные и манипулировать ими через визуальные метафоры и с помощью навигаций.

Исследования в области визуализации графов и графовых моделей проводятся широким фронтом и имеют обширные и все более разнообразные сферы приложения. В работе [9] перечисляются в качестве основных источников, содержащих результаты этих исследований, такие журналы, как *Journal of Graph Algorithms and Applications* (JGAA), *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, *Computational Geometry: Theory and Applications* и *Algorithmica*, а также труды таких регулярных конференций, как *Graph Drawing Symposia* (GD), *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* (CHI), *ACM Symposium on User Interface Software and Technology* (UIST), *IEEE Information Visualization Conference* (InfoVis), *Eurographics Workshop on Scientific Computing*. Такая разбросанность исследований по журналам и конференциям, относящимся к весьма разной тематике, усложняет поиск подходящих методов визуализации при создании систем, использующих визуализацию графовых моделей, а также затрудняет объединение полученных результатов в единую теорию и/или структурированное множество методологий.

3. Средства поддержки графов в программировании

Проблема терминологии, без сомнения, является одной из основных проблем в применении теоретико-графовых методов в программировании и информатике.

В 1999 году в издательстве «Наука» вышел в свет наш «Толковый словарь по теории графов и её применению в информатике и программировании» [1], который охватывал основные связанные с графами термины из монографий, вышедших на русском языке. Это был первый словарь по графам в информатике, и он вызвал

большой интерес среди читателей. Изданный нами в 2009 году новый словарь [2] представляет собой расширение словаря 1999 года и включает в себя более 1000 новых терминов из статей, рефераты которых публиковались в РЖ «Математика» в разделе «Теория графов», а также из томов ежегодных конференций «Graph-Theoretic Concepts in Computer Science» и книг серии «Graph Theory Notes of New York».

Мы отдаем себе отчет в постоянно развивающемся теоретико-графовом лексиконе в информатике и поэтому одновременно с завершением работ по подготовке второго словаря к изданию приступили к созданию на базе наших словарей расширяемого электронного словаря WikiGRAPP [11].

Другая вики-система, которая, также как и вики-словарь WikiGRAPP, создается нами с использованием MediaWiki [10], – это электронная энциклопедия графовых алгоритмов WEGA. В отличие от Д. Кнута, при создании данной энциклопедии мы, как и в книге [5], на которой базируется наша энциклопедия, ориентируемся на абстрактную модель современных ЭВМ (равнодоступная адресная машина – РАМ) и высокоуровневое описание алгоритмов в терминах специального языка высокого уровня – ВУ-языка. Этот язык является псевдоязыком (лексиконом) программирования и позволяет использовать любые необходимые конструкции математики и языков программирования, если очевидны или заранее зафиксированы оценки их сложности, а также те реализации этих конструкций на РАМ, которые допускают такие оценки. Такой подход позволяет формулировать алгоритмы в естественной форме, допускающей прямой анализ их корректности и сложности, а также простой перенос алгоритмов на реальные языки программирования и ЭВМ с сохранением полученных оценок сложности. Подобный стиль описания алгоритмов является также базой для доказательного стиля программирования: он позволяет понять алгоритм на содержательном уровне, оценить пригодность его для решения конкретной задачи и осуществить модификацию алгоритма, не снижая степень математической достоверности окончательного варианта программы.

Еще одной важной особенностью создаваемой нами энциклопедии является возможность анимационного исполнения представленных в ней графовых алгоритмов. На наш взгляд, анимация является удобным средством демонстрации работы любых алгоритмов, в том числе алгоритмов на графах. Она помогает человеку понять на конкретных примерах смысл и последовательность работы алгоритма, делая это гораздо нагляднее, чем любые текстовые описания, пояснения и отдельные рисунки.

Благодарности. Данная работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 09-07-0012). Автор благодарен всем, кто принимает участие в выполнении проектов, рассмотренных в данном докладе, в первую очередь проф. В. А. Евстигнееву и доц. Е. В. Касьяновой.

Список литературы

1. Евстигнеев В. А., Касьянов В. Н. Толковый словарь по теории графов в информатике и программировании. – Новосибирск: Наука, 1999. – 288 с.
2. Евстигнеев В. А., Касьянов В. Н. Словарь по графам в информатике. – Новосибирск: Сибирское Научное Издательство, 2009. – 300 с.
3. Ершов А. П. Введение в теоретическое программирование (беседы о методе). – М.: Наука, 1977. – 288 с.
4. Касьянов В. Н. Ершов и графы в программировании // Андрей Петрович Ершов – ученый и человек. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. – С.150–157.
5. Касьянов В. Н., Евстигнеев В. А. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 1104 с.
6. Касьянов В. Н., Касьянова Е. В. Визуализация графов и графовых моделей. – Новосибирск: Сибирское Научное Издательство, 2010. – 123 с.
7. Di Battista G., Eades P., Tamassia R., Tollis I.G. Graph Drawing: Algorithms for Vizualization of Graphs. – Prentice Hall, 1999. – 397 p.
8. Drawing Graphs. Methods and Models. – Berlin: Springer, 2001. – 312 p. – (Lect. Notes Comput. Sci.; 2025).
9. Herman I., Melançon G., Marshall M. S. Graph visualization and navigation in information visualization: a survey // IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics. – 2000. – Vol. 6. – P. 24–43.
10. MediaWiki. – <http://www.mediawiki.org/wiki/MediaWiki/ru/>
11. WikiGRAPP. – <http://pco.iis.nsk.su/WikiGrapp/>

Школа программирования в ИПМ им. акад. М.В.Келдыша

Кетков Ю.Л.

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
ket@unn.ru

A Programming School at M.V. Keldysh Institute of Applied Mathematics

Ketkov Yu.

N.I. Lobachevsky State University, Nizhni Novgorod

М.Р. Шура-Бура (21.10.1918–14.12.2008)

Михаил Романович родился в селе Парафиевка Черниговской области в семье адвоката, которая из-за разлуки и голода в период гражданской войны перебралась туда из Киева. В одном из интервью Шура-Бура так объясняет происхождение своей фамилии. Одна из слободок небольшого казацкого городка Борзна на Черниговщине носила прозвище Шура-Бура из-за буйного характера своих жителей (на местном наречии это название означало сильный ветер, бурю). Выходцев из этой слободки тоже награждали кличкой Шура-Бура. Возможно, что впоследствии за некоторыми из них и закрепилась такая фамилия. Вскоре после рождения Миши семья вновь вернулась в Киев, где прожила до 1933 года, а потом переехала в Москву. Здесь Миша окончил среднюю школу и в 1935 году поступил на мехмат МГУ. После окончания МГУ он мечтал сразу поступить в аспирантуру, но встретил сопротивление со стороны партийного актива (не принимал участия в общественной работе, прогуливал физкультуру, был замечен и в других прегрешениях). В студенческие годы о нем распева-ли куплет:

На уроках физкультуры
Не бывало Шуры-Буры,
И за это Шуре-Буре
Не бывать в аспирантуре.

В 1940 г. его направили на преподавательскую работу в Артиллерийскую академию. Однако его мечте суждено было сбыться: параллельно с работой в академии он в 1944 г. поступил в аспирантуру при НИИ математики МГУ. В 1947 г. аспирантура успешно завершилась кандидатской диссертацией по топологии (руководитель П.С. Александров), и его направили на физико-технический факультет МГУ.

К началу 50-х годов он увлекся вычислительной математикой и в 1952 году в соавторстве с Л.А. Люстерником, А.А. Абрамовым и В.И. Шестаковым опубликовал монографию «Решение математических задач на автоматических цифровых машинах. Программирование для быстродействующих электронных счетных машин». В 1954 г. это увлечение завершилось защитой докторской диссертации на тему «Вопросы решения математических задач с большим числом операций». Затем последовала краткосрочная рокировка: Физтех → Математический институт им. В.А.Стеклова → ИТМиВТ, где он нашел хорошее взаимопонимание с академиком М.А. Лаврентьевым, недавно утвержденным на посту директора. В ИТМиВТ Михаил Романович установил прочный контакт с инженерным отделом, который под руководством будущего академика С.А. Лебедева опекал вновь создаваемую ЭВМ БЭСМ и продолжал заботиться об ее предшественнице МЭСМ, эксплуатировавшейся в Киеве.

М.А. Лаврентьев предложил Михаилу Романовичу заняться проблемами расчета термоядерного взрыва (тогда эта задача была очень актуальной в связи с разработкой новых видов вооружения). А так как единственной более или менее устойчиво работающей ЭВМ располагало только вновь организованное Отделение прикладной математики при МИАН СССР, то вычислительные эксперименты перенесли на ЭВМ «Стрела-1». В ОПМ была выделена группа высококвалифицированных математиков под руководством К.А. Семендяева, а под крыло М.Р. Шура-Буры попали молодые выпускники МГУ, работавшие в отделе программирования (тогда отдел возглавлял А.А. Ляпунов). Из-за неустойчивой работы ЭВМ расчеты по моделированию атомного взрыва приходилось разбивать на этапы, каждый из которых выполнялся не менее двух-трех раз с созданием контрольных точек, обеспечивавших продолжение эксперимента без возврата к ранее проведенным вычислениям. С трудом, но именно так объединенной группе удалось победить «Стрелу». За этот цикл работ в 1955 г. М.Р. Шура-Бура был удостоен Государственной премии СССР (тогда она называлась Сталинской). Директор ОПМ академик М.В. Келдыш сумел рассмотреть в своем госте талант ученого и организатора и после годичного притирания к группе программистов предложил Михаилу Романовичу формально возглавить отдел программирования, так как его фактическое руководство было уже признано. Это место работы оставалось за ним вплоть до кончины Михаила Романовича.

Параллельно с руководством отделом в ОПМ Михаил Романович возвращается к преподавательской деятельности на мехмате МГУ. С 1955 года он профессор кафедры вычислительной математики, а затем на протяжении почти четверти века (с 1970 г.) заведует кафедрой системного программирования. Под его руководством подготовлено 8 докторов наук и более 30 кандидатов. М.Р. Шура-Бура по праву был патриархом ведущей отечественной школы программирования. Подтверждением тому служат и многочисленные государственные награды: вторая Государственная премия (1978 г. – за подготовку и внедрение программно-аппаратных комплексов ЕС ЭВМ), орден Ленина (1990 г. – за создание бортового программного обеспечения беспилотного челнока «Буран»), ордена Трудового Красного Знамени (1956 г. – за разработку комплекса программ по расчетам пара-

метров атомных бомб, 1983 г. – за создание программного обеспечения ЕС ЭВМ), орден «Знак Почета» (1961 г. – за разработку программ расчета траекторий искусственных спутников Земли), ряд медалей.

Остановлюсь на некоторых научно-практических результатах работы отдела программирования. После ошеломительного успеха в области создания программного обеспечения задач атомной промышленности отдел Шура-Буры наряду с созданием программ по заявкам других отделов ОПМ начал серию работ по совершенствованию труда программистов. Сначала появилась ПАПА – программа автоматического присвоения адресов (Т.А. Тросман, В.В. Мартынюк). Затем стали воплощаться в жизнь идеи операторного программирования, предложенные А.А. Ляпуновым. Разработка первой программирующей программы (ПП-1, 1954 г.) для ЭВМ «Стрела» велась С.С. Камыниным и Э.З. Любимским в порядке личной инициативы (она не входила в план работ отдела). Ее успех предопределил появление расширенного коллектива в лице И.Б. Задыхайло, В.С. Штаркмана, Э.С. Луховицкой, Т.А. Тросман и Т.П. Кузнецовой, которые помогли первопроходцам в создании ПП-2 (1955 г.). Эти программы заложили фундамент нового направления работ отдела в области автоматизации программирования. В 1956 году я на себе испытал преимущества новых информационных технологий при выполнении дипломной работы.

Еще одной ступенькой, расширившей кругозор сотрудников отдела, стала работа по созданию библиотеки стандартных программ для ЭВМ М-20. Работу эту возглавил лично Михаил Романович, и здесь как нельзя кстати пришелся его опыт работы в области численного анализа. Интерпретирующая система ИС-2 (позднее ИС-22) представляла маленький шедевр как по технологии наполнения библиотеки СП, так и по простоте ее использования, по минимуму накладных расходов. В этом же 1961 г. было принято решение о создании «Комиссии по эксплуатации вычислительных машин М-20», бессменным председателем которой стал Михаил Романович.

Очередной крутой подъем отделу программирования пришлось преодолеть на пути создания транслятора с полной версии языка Алгол-60 для ЭВМ типа М-20. Ограниченные ресурсы оперативной памяти способствовали появлению новых механизмов адресации. Появилась так называемая «математическая память», имевшая продолжение на магнитных барабанах, а затем и на магнитных лентах. Математическая память была разбита на страницы, а в рамках компилятора действовала административная система, определявшая очередность подкачки и изгнания страниц из оперативного ЗУ. Этот механизм обусловил успешное прохождение транслятором ТА-2 международного теста «Map of Boy». К созданию основной версии транслятора ТА-2 были привлечены лучшие силы отдела – главные конструкторы проекта Э.З. Любимский и С.С. Камынин, разработчики отдельных блоков И.Х. Зусман, Э.С. Луховицкая, В.В. Луцикович, В.В. Мартынюк, Г.М. Олейник-Овод, В.И. Собельман и Л.В. Ухов. Кроме перечисленных штатных сотрудников в авторский коллектив удачно вошел молодой лейтенант Д.А. Корягин, прикомандированный в ОПМ из НИИ-4 Министерства обороны СССР.

1966–67 гг. характеризуются «затишьем перед бурей» – появлением одной из лучших ЭВМ того поколения БЭСМ-6. В одном из подразделений отдела под руководством В.С. Штаркмана ведутся работы по созданию автокода этой машины, удовлетворяющего всем современным требованиям к языку Ассемблера. По начальным буквам фамилий разработчиков эта версия получила название БЕМШ (Бочкова З.Ф., Езерова Г.Н., Морозова Л.Б., Штаркман В.С.). А в глубине другого подразделения нарастает революционный взрыв в индустрии создания трансляторов. С очередным проектом универсального алгоритмического машинно-ориентированного языка АЛМО выступил неугомонный тандем С.С. Камынин – Э.З. Любимский. Идея совершенно очевидная: с появлением **n** машин разного типа и **m** алгоритмических языков разработчикам программного обеспечения понадобится написать **n*m** трансляторов. Вместо этого предлагается написать **m** трансляторов с каждого алгоритмического языка на АЛМО, а затем еще **n** трансляторов с языка АЛМО в код каждой ЭВМ. Более того, каждый транслятор с языка высокого уровня сам пишется на АЛМО. За счет использования в АЛМО средств высокого и низкого уровней каждый переход требует сравнительно несложных алгоритмов преобразования. Успех этого проекта, обусловленный высоким профессиональным уровнем исполнителей и накопленным опытом создания первых средств автоматизации, превзошел все ожидания. Несмотря на то, что аналогичный американский проект на базе языка UNCOL с треском провалился, отделу Михаила Романовича в ближайшие 2–3 года удалось создать серию двухступенчатых трансляторов, поставленных почти на все серийные ЭВМ отечественного производства. В частности именно таким образом у наших пользователей появился долгожданный ФОРТАН, прославившийся своими библиотеками и приложениями.

Конец 1967 и начало 1968 года ознаменовался глобальным оснащением ЭВМ БЭСМ-6 современными средствами системного программирования – операционной системой, поддерживающей режим разделения времени, нормальными средами программирования как на низком (Ассемблер), так и на высоком уровне. По специальному постановлению Президиума АН СССР Отделению прикладной математики разрешили пригласить наиболее квалифицированных системных программистов из ведущих организаций страны. В разные периоды в составе этой сборной трудилось от 25 до 40–60 человек. Среди них были представители закрытых ядерных центров, конструкторских бюро, институтов Министерства обороны. В отделе Михаила Романовича полным ходом шли работы по созданию трансляторов, по разработке информационных систем и баз данных. Д.А. Корягин отвечал за систему логического управления файлами и периферией, И.Б. Задыхайло вместе с молодыми стажерами разрабатывал программы управления устройствами на физическом уровне, на мою долю пришелся монитор, который управлял ресурсами заданий, процессами и тактикой обслуживания различных очередей. Нити управления этим довольно сложным коллективом замыкались на наших корифеях – С.С. Камынине и Э.З. Любимском. Верхняя иерархия исполнителей, насчитывавшая 6–7 человек, приняла обет – не брить бороду или усы до сдачи системы. Все сотрудники ИПМ потешались, увидев в столовой нашу команду.

С.С. Камынин (10.01.1927–05.12.1986)

Сергей Сергеевич Камынин родился в Москве, в семье военных, в 1934 г. поступил в школу и к началу Великой Отечественной войны успел окончить 7 классов. После недолгой эвакуации вернулся в Москву, где с 1943 г. работал сначала учеником, а потом и слесарем по авиационному оружию. Школу окончил экстерном и в 1944 г. поступил на конструкторский факультет МВТУ им. Баумана. Учился там неровно, уделяя больше времени предметам, которые ему нравились. Написал две работы, участвовавшие в городском студенческом конкурсе и отмеченные премией. Трижды отчислялся из института и в 1951 г. ушел окончательно, не закончив 2-й курс.

Академик Т.М. Энеев высоко оценил первую студенческую работу Камынина, посвященную реакции горения пороховой шашки для реактивного снаряда. По его мнению, уровень работы вполне соответствовал кандидатской диссертации. Энеев вместе со своим коллегой Д.Е. Охочимским уговорили Камынина посещать семинары в отделе механики, которым в МИ АН СССР заведовал академик М.В. Келдыш. С 1951 г. его приняли в этот отдел на должность лаборанта (формальных оснований в приеме на инженерную ставку не было) и сразу же привлекли к выполнению научно-исследовательских работ. В первом же закрытом отчете 1951 года по исследованию баллистических возможностей составных ракет (работы велись для КБ С.П. Королева) было указано 3 автора – М.В. Келдыш, Д.Е. Охочимский и С.С. Камынин. Через пару лет появился следующий закрытый отчет, посвященный теоретическим исследованиям динамики полета составных крылатых ракет дальнего действия. С.С. Камынин вошел в состав авторского коллектива вместе с М.В. Келдышем, В.А. Егоровым, Д.Е.Охочимским и Т.М. Энеевым. В открытой печати обе эти работы появились спустя 35 лет, уже после смерти самого молодого автора.

После создания ОПМ в 1953 году и перевода туда отдела механики С.С. Камынин получил персональное приглашение нового директора – Д.Е. Охочимского, ценившего инженерный и исследовательский талант своего лаборанта. Однако вскоре после конфликта с Дмитрием Евгеньевичем С.С. Камынин перешел в отдел программирования, в котором проработал до конца своих дней. Правда, очень долгое время на должностях инженера и старшего инженера, для чего создавались многократные аттестационные комиссии и испрашивались рекомендации со стороны оспепяченного научного персонала.

В разделе, посвященном М.Р. Шуре-Буре, уже упоминался ряд работ, выполнявшихся в период 1953–1970 гг. с участием С.С. Камынина. В 1956 г. он наряду с ведущими сотрудниками отдела программирования был награжден орденом Трудового Красного Знамени за создание программ расчета характеристик ядерного взрыва. Еще две скромные награды, совсем не соответствующие профессиональному уровню и научно-техническим достижениям выдающегося ученого, хранятся сегодня в семейной шкатулке – юбилейная медаль «За доблестный труд» в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина (1970 г.) и медаль «За трудовое отличие» за успехи по выполнению заданий XI пятилетки по развитию Советской науки и техники и внедрению результатов исследований в народное хозяйство (1986 г.).

В последующие годы Сергей Сергеевич увлекся проблемами искусственного интеллекта и робототехники. Вместе со своим учеником Ю.А. Бухштабом он предложил идею создания информационной системы «ВОПРОС-ОТВЕТ», которая могла бы осуществлять логический анализ базы данных для вывода новых фактов, не заданных в явном виде. В этой системе были предложены оригинальные алгоритмы устранения противоречий, возникающих в процессе вывода или изначально заложенных в базу данных. По быстродействию разработанная система на порядок опережала лучшие зарубежные системы такого же класса.

Задача с роботами возникла в результате выполнения в ИПМ совместных работ с ИАЭ им. И.В.Курчатова. С.С. Камынину удалось решить задачу прецизионной автоматической сборки, когда точность позиционирования управляющих компонент робота была в десятки раз хуже требуемой точности сборки. Ближайшие сотрудники Сергея Сергеевича удивлялись, так как такой задаче никто не подступался, заранее считая, что у нее не существует решения. В начале 80-х годов по инженерным схемам и алгоритмам, разработанным под руководством С.С. Камынина, был создан адаптивный многоцелевой промышленный робот РК-1. Его высокие эксплуатационные качества отмечены в книге бывшего министра атомной промышленности О.Е. Адамова «Не благодаря, а вопреки».

Разительный контраст между профессионализмом С.С. Камынина и размером штатной ставки, которую он занимал в течение многих лет, привел к попытке представить Сергея Сергеевича к званию почетного доктора физико-математических наук «Honoris causa», не требовавшего свидетельства о высшем образовании. Активную поддержку инициативе Ученого совета ИПМ оказали академики В.М. Глушков, А.А. Дородницын, А.А. Самарский, члены-корреспонденты А.П. Ершов, С.С. Лавров. 14 июня 1978 года на ученом совете ИПМ было принято решение о соответствующем представлении в Президиум АН СССР. Однако 24 июня скоропостижно скончался М.В. Келдыш – директор ИПМ и одновременно Президент Академии наук. Без его личной поддержки решение Совета воплотить в жизнь не удалось. Правда, на ближайшей переаттестации С.С. Камынин был утвержден в должности старшего научного сотрудника без ученой степени.

Яркий генератор новых научных направлений, большинство из которых доводили до воплощения его ученики, он отличался научной скромностью и не спешил застолбить свои идеи в публикациях. Большинство из его немногочисленного списка работ появилось в препринтах ИПМ. Две основные монографии с результатами последних исследований были подготовлены сотрудниками ряда отделов ИПМ уже после смерти С.С. Камынина. Первая из них, посвященная работам по машинному зрению, вышла в 1988 г. под редакцией Д.Е. Охо-

цимского. Вторая появилась в 1992 г. и включала основные законченные результаты и черновые заметки по принципам проектирования и разработки многофункциональных программируемых роботов. Она была подготовлена по инициативе одного из его лучших друзей – Д.А. Корягина.

Э.З. Любимский (25.11.1931 – 13.02.2008)

Эдуард Зиновьевич родился в Москве в семье военного инженера. Поступил в школу, затем война, эвакуация, суворовское училище. Вернулся в Москву, в 1949 г окончил школу с золотой медалью, затем мехмат МГУ по кафедре вычислительной математики. Прослушал курс по основам программирования, который читал Алексей Андреевич Ляпунов. Заинтересовался языком операторных схем и даже попытался предложить проект программирующей программы, построенной на базе этого языка.

Любимского всегда отличали логическая последовательность в действиях, умение до конца разобраться в любой ситуации, просто и доходчиво излагать свои мысли, желание всегда доводить до конца начатое дело. Он был доброжелателен, редко повышал голос, умел правильно выстроить взаимоотношения со своим собеседником. Несмотря на то, что в 1956 году, когда я проходил в ОПМ преддипломную и дипломную практику, моим формальным руководителем был А.А. Ляпунов, настоящим шефом оказался Саша Любимский. Так его называли друзья и коллеги по Отделу программирования. И только за пределами этого круга он был известен как Эдуард Зиновьевич. Очень проникновенные воспоминания о Саше оставил Д.А. Корягин, посветив их памяти Любимского. Встретившись в последний раз с тяжело больным другом, Д. Корягин сказал «Сашка, ты всегда и навсегда со мной».

Э.З. Любимский был первым программистом, защитившим в СССР кандидатскую диссертацию по своей прямой специальности. Это событие произошло в 1957 г., работа называлась «Об автоматическом программировании и методе программирующих программ». Обстановка в научном сообществе тогда была довольно сложная, еще сказывались отзвуки жестокого преследования кибернетики как лженауки. «Чистые» математики (теоретики) тоже пока не почитали программирование за достойную науку – в работах подобного рода, кроме кропотливого труда и первых находок, превращавших программирование из ремесла в искусство, не существовало теорем, доказательств, условий необходимости и достаточности. И только благодаря огромной поддержке со стороны руководства ОПМ (академик М.В. Келдыш, профессора А.А. Ляпунов, М.Р. Шура-Бура, руководители других научных отделов ОПМ), а также отзвукам недавно прошедших награждений за исследование характеристик ядерного взрыва, чаша весов склонилась в пользу диссертанта. Хотя до утверждения решения Совета в ВАКе прошло почти 3 года. Не меньшие сложности произошли и в период подготовки к защите докторской диссертации Э.З. Любимского на тему «Возможности и принципы построения операционной системы для БЭСМ-6 (ОС ИПМ)». Представлена она была к защите в 1971 г., но защиту пришлось провести только через два года и не в Москве, а в Институте кибернетики АН УССР (г. Киев).

С 1954 г Э.З. Любимский совмещает научно-исследовательскую работу в ОПМ с преподавательской деятельностью в МГУ. Для студентов 1 и 2 курса мехмата читает лекции по программированию, сначала в должности ассистента, затем (1970) – доцента. В 1978 г. становится профессором кафедры системного программирования факультета ВМК МГУ. Среди его учеников 45 кандидатов и 5 докторов наук. В 2001 г. ему присвоили звание Заслуженного деятеля науки Российской Федерации.

Карьерный рост в ОПМ протекал сравнительно спокойно: сначала (до 1962 г.) младший научный сотрудник, затем кратковременное пребывание в должности старшего научного сотрудника и до 1988 г. – заведование сектором. В 1968 г. во время разработки ОС ИПМ на Э.З. Любимского временно легли обязанности заведующего Отделом программирования (в это время М.Р. Шура-Бура тяжело заболел – инфаркт – и долго возвращался к нормальному состоянию). С 1988 г. Э.З. Любимский заведует отделом ИПМ.

Очень большую роль в жизни Э.З. Любимского сыграла его дружба с С.С. Камыниным. В близком кругу единомышленников этому тандему был присвоен идентификатор ЛЮКС. Любимскому всегда удавалось обуздать и успокоить своего друга, который обладал не в меру вспыльчивым характером. Завершающая формулировка гениальных идей после бурного обсуждения проходила более спокойную редакторскую правку и становилась абсолютно прозрачной для коллектива исполнителей.

Любимский был жизнерадостным человеком, принимал активное участие в подготовке и проведении праздничных и юбилейных капустников, любил музыку (особенно И.С. Баха), собирал альбомы известных и не очень известных художников, вместе с женой Ириной коллекционировал изделия хохломской росписи, сочинял стихи.

Последний период его работы был связан с созданием инструментально-базового комплекса (ИБК) для системы редакционно-издательской подготовки и выпуска газет. Все это начиналось с нуля на базе издательства газеты «Правда». Э.З. Любимскому удалось сплотить вокруг себя преподавателей кафедры системного программирования факультета ВМК, аспирантов и энтузиастов, знакомых по прежним проектам. Первоначальный программный комплекс для издательства перерос в гораздо более универсальный проект для разработки документно-ориентированных информационных систем и информационной поддержки крупных организаций.

Среди наиболее важных публикаций отметим учебное пособие для ВУЗов по программированию (1980), написанное в соавторстве с В.В. Мартынюком и Н.П. Трифоновым, и серию книг издательства «Мир» по математическому обеспечению ЭВМ, регулярно выходившую в свет под редакцией Э.З. Любимского. Большинство из них было переведено сотрудниками отдела программирования ИПМ.

В.С. Штаркман (16.10.1931–21.02.2005)

Всеволод Серафимович Штаркман родился в Москве. Он принадлежит к той первой когорте выпускников МГУ 1954 года, которые посвятили свою жизнь становлению и развитию программирования в нашей стране. Поступив в ОПМ по распределению, В.С. Штаркман проработал в этом институте, начиная с должности младшего научного сотрудника, до заведующего отделом системного программирования.

По словам его младшего брата, Сева был удивительным ребенком, говорить научился раньше, чем ходить. Необыкновенно подвижный и любознательный, увлекался разнообразной техникой (радиолюбительство, авиа-моделизм). Свободное от школы время проводил в дворовом гараже, помогая механикам ремонтировать автомобили. В школе учился только на отлично. Любил посещать лекции в Политехническом музее, после окончания школы был принят на физтех МГУ. Но после 1-го курса ему пришлось сменить факультет (проклятая 5-я графа в личном деле), он доучивался на мехмате в одной группе с Любимским, Задыхайло, Ершовым. Его увлечение техникой сказалось и на первых этапах профессиональной работы. Он досконально изучил систему команд ЭВМ «Стрела-1», много общался с инженерным персоналом, профессионально освоил логические и электронные схемы разных узлов и блоков. Заново написал систему тестовых программ, которые проверяли машину намного тщательнее, чем штатное тестовое обеспечение. Первое пособие по системе команд «Стрелы» Сева написал, будучи на 5-м курсе, когда проходил практику в ОПМ. В технической документации такую «мелочь» не предусмотрели, и все будущие программисты начинали свое образование с этой «библии».

Погружение в компьютер на физическом уровне привело к тому, что в ряде проектов последующих ЭВМ Севу приглашали в качестве эксперта не только по формированию набора команд, но и по принятию некоторых конструкторских решений. Он участвовал в проектировании ЭВМ М-20, «Восток», «Весна» и ряда оборонных комплексов, для некоторых занимался разработкой системного программного обеспечения, низкоуровневых трансляторов машинных команд (ассемблеров) и более продвинутых алгоритмических языков. В его секторе начиналось освоение программного обеспечения машинной графики. Среди популярных разработок его учеников – пакет ГРАФОР (Ю.М. Баяковский, Т. Михайлова), автокод БМ-4/220, транслятор с Фортрана Ф-20.

Студенческие годы и период работы в ОПМ характерны увлечением различными видами спорта – горные и водные лыжи, большой и малый теннис. В МГУ В.С. Штаркман входил в состав сборной факультета по волейболу. Будучи одним из первых автолюбителей в ОПМ, вывозил сотрудников своего сектора на водные акватории и приучал их держаться на буксире за катером.

Огромный вклад в развитие отечественного программирования В.С. Штаркман внес переводами монографий лучших зарубежных ученых. Серия книг по структуре IBM/360/370 и системе их команд, по алгоритмическим языкам С, С++, по ассемблерам и операционным системам. Ему вместе с Михаилом Романовичем пришлось немало потрудиться над адаптацией программного обеспечения ЕС ЭВМ в нашей стране.

Д.А. Корягин (05.06.1935–23.6.2009)

Дмитрий Александрович родился в г. Уссурийске Приморского края. После суворовского училища поступил в Военно-воздушную инженерную академию им. Жуковского, которую окончил в 1959 году. Молодой лейтенант получил назначение в военное НИИ и сразу был прикомандирован в ОПМ для освоения библиотеки стандартных программ М-20. Был тепло принят коллективом Отдела программирования, поближе познакомился со старейшинами, успевшими заслужить первые правительственные награды, – с Э.З. Любимским, впоследствии ставшим руководителем его кандидатской диссертации, С.С. Камыниным, И.Б. Задыхайло, В.С. Штаркманом, который принимал активное участие в разработке системы команд М-20 и набора тестовых программ. И, наконец, застал начальную стадию работ по созданию библиотеки стандартных программ, выполнявшуюся под руководством и при непосредственном участии М.Р. Шура-Буры.

После завершения первой командировки Д.А. Корягин несколько раз приезжал в ОПМ для консультаций по вопросам программирования. Вскоре по согласованию с руководством НИИ-4 был вновь прикомандирован к Отделу программирования не только для повышения квалификации, но и для участия в большом проекте по созданию транслятора ТА-2 с алгоритмического языка АЛГОЛ в код машин типа М-20. Опыт работы в передовом программистском коллективе вылился в кандидатскую диссертацию «Транслятор с языка Алгол для ЭВМ М-50», защищенную в 1965 г.

Следующая, более длительная командировка в ИПМ была связана с разработкой системного программного обеспечения БЭСМ-6. Д.А. Корягин вступил в упоминавшуюся ранее команду уже в чине майора с ученой степенью кандидата технических наук. Здесь, собственно, и состоялось наше первое знакомство, затянувшееся на долгие годы. У нас был общий кабинет в ИПМ, в котором довольно много времени проводил И.Б. Задыхайло. Почти каждый день нас посещали корифеи проекта – С.С. Камынин и Э.З. Любимский, обсуждая текущие проблемы и корректируя, по мере надобности, функциональность тех или иных модулей системы. В один из перекуров мы выяснили, что во время эвакуации наши с Д.А. Корягиным семьи жили в поселке Чкаловской области со странным названием Кувандык. А так как мы с ним одногодки (Дима старше меня всего на один месяц), то вполне вероятно, что учились либо в одном, либо в параллельных классах единственной на весь поселок железнодорожной школы!

Дослужившись до чина полковника, Д.А. Корягин вышел в отставку и перешел на работу в ИПМ. Вскоре у него здесь появился сначала сектор, а потом и собственный отдел. В 1984 г. работа по созданию пакетов программ для решения задач математической физики (САФРА) завершилась защитой докторской диссертации.

Вскоре он занялся проблемой автоматизации проектирования и изготовления машиностроительных изделий. Одним из первых проектов такого назначения была система КАПРИ, создававшаяся по заказу ИАЭ им. Курчатова. Успешное внедрение этой системы обусловило появление нового проекта – ИРБИС (Интегрированная Разработка Больших Инженерных Систем), выполнявшегося совместно с ведущим институтом Минатома НИКИЭТ. Он в значительной мере упорядочил организацию работ по проектированию и расчетам трубопроводов атомного реактора. Директор НИКИЭТ О.Е. Адамов с большой теплотой отзывается о работах и личных качествах Д.А. Корягина. В 1986 году Дмитрий Александрович был удостоен премии Совета Министров СССР.

В начале 90-х годов Д.А. Корягин выполнил цикл работ по созданию информационно-вычислительной сети ИПМ, на двух удаленных площадках которого функционировало более 200 персональных компьютеров и серверов. Эта работа нашла свое продолжение в разработке Grid-технологий, предусматривающих совместное использование сетевых ресурсов и реализацию распределенных вычислений. Последней строкой в его служебной карьере была должность заместителя директора ИПМ.

Научно-исследовательскую работу в ИПМ Д.А. Корягин успешно сочетал с преподаванием на кафедре системного программирования ВМК МГУ. В 1987 г. он был избран на должность профессора. Читал лекционный курс по пакетам прикладных программ. Под его руководством защищено 10 кандидатских диссертаций.

И.Б. Задыхайло (11.02.1931–02.08.1998)

Игорь Борисович родился в Белгороде, там же в 1949 году окончил школу и поступил на механико-математический факультет МГУ. В 1953 году, будучи студентом 5-го курса, был принят на работу в ОПМ. Сначала в качестве лаборанта участвовал в создании программ на ЭВМ Стрела-1 для расчета параметров ядерных взрывов. После окончания МГУ в 1954 году был переведен на должность младшего научного сотрудника и уже в 1956 году получил свою первую правительственную награду – орден Трудового Красного Знамени в связи с успешным завершением проекта по созданию водородной бомбы. В этом же году мы, студенты Горьковского университета, – предстоящий первый выпуск математиков-вычислителей – познакомились с сотрудниками Отдела программирования. Одному из нас (Ю.А. Первину) посчастливилось попасть под опеку И.Б. Задыхайло, под руководством которого была написана первая игровая программа для ЭВМ Стрела-1. Эта программа моделировала игру в «морского козла» (разновидность домино). Защита дипломной работы состоялась по всем правилам при огромном стечении болельщиков. В паре с компьютером играл автор программы, в качестве противника выступала сборная ОПМ. В первой же партии электронный партнер сделал крупную рыбу (более 60 очков), благодаря чему дипломная работа удостоилась оценки «отлично».

После ядерных расчетов И.Б. Задыхайло привлекли к новой, не менее амбициозной программе, связанной с расчетами параметров космических траекторий, проводившихся в отделе будущего академика Д.Е. Охочимского. Для преодоления неустойчивой работы ЭВМ и достаточно скудных аппаратных ресурсов оперативной памяти в этих программах приходилось принимать меры по резервному копированию отдельных этапов алгоритма и оптимизации вычислений за счет использования специфики групповых операций ЭВМ «Стрела». Успешное выполнение очередного этапа отмечено медалями «За участие в первом полете человека в космос» и «За участие в первом выходе человека в космос», которые добавились к ранее полученному ордену.

Первое увлечение системным программированием началось с участия И.Б. Задыхайло в проекте по созданию второй версии программирующей программы ПП-2 (1955 год). Идея автоматической трансляции программы по операторной схеме А.А. Ляпунова и опыт программирования сеточных методов в задачах математической физики послужили толчком к написанию статьи теоретического характера по организации циклического процесса счета по параметрической записи специального вида, опубликованной в Журнале вычислительной математики и математической физики в 1963 г. В каком-то смысле эта работа была предшественницей параллельных вычислений, она опередила на десяток лет появление аналогичных исследований за рубежом. Кандидатская диссертация, развивавшая эту тему, была защищена в 1964 году. Еще раз к многопроцессорным системам и параллельным вычислениям И.Б. Задыхайло вернется лет через 10, когда в ИПМ начнет появляться соответствующее компьютерное железо – ПС-3000, матричные процессоры, ЕС-1191. В этот период можно выделить три новых направления исследований, в которых ведущая роль принадлежит Игорю Борисовичу. Во-первых, это развитие непроцедурных средств параллельного программирования, завершившееся созданием языка Норма и транслятора с этого языка для обеспечения задач математической физики (препринты ИПМ, 1985, 1990). Во-вторых, это развитие средств параллельного программирования в языке Фортран (ФОР-ЕС для ПС-3000, Фортран для суперЭВМ). Наконец, третье направление связано с вопросами проектирования узлов и блоков многопроцессорных ЭВМ, которое развивалось в партнерстве с инженерным отделением ИПМ (А.Н. Мямлин). Результаты этого сотрудничества нашли свое отражение в новых инженерных решениях архитектуры третьего ряда ЕС ЭВМ. В 1983 году за выполнение работ по созданию программного обеспечения ЕС ЭВМ Игорь Борисович был награжден медалью «За трудовое отличие».

По крайней мере, для меня очень памятно участие И.Б. Задыхайло в проекте по созданию операционной системы ОС ИПМ (1967–1970 г.). Почти полтора года в этот период Д.А. Корягин, я и И.Б. Задыхайло работали за соседними столами. Игорь Борисович опекал плеяду будущих коллег – дипломников И.А. Бахарева, В.А. Крюкова, Л.А. Позднякова, С.А. Усова. Под его руководством разрабатывались программы обслуживания периферийных устройств, основной модуль супервайзера (надсмотрщика за внешним хозяйством БЭСМ-6).

С 1972 года И.Б. Задыхайло по совместительству работал доцентом на кафедре системного программирования ВМК МГУ. Под его руководством защищено более 10 кандидатских диссертаций.

Становление программирования в СССР с 1950-го по 1960 год

Китов В.А.¹, Прохоров С.П.²

¹ Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН.
vladimir.kitov@mail.ru

² Институт системного программирования РАН
sergei.prokhorov@gmail.com

Аннотация. В статье делается попытка восстановить последовательность появления в СССР семинаров, учебных курсов, статей, монографий, диссертаций, кафедр, факультетов, вычислительных центров и т.д. в области программирования с 1950-го по 1960 год, т.е. в самый начальный период возникновения и становления этой науки.

The Early Development of Programming in the USSR (1950–1960)

Kitov V.¹, Prokhorov S.²

¹ S. Vavilov Institute of History of Natural Science and Technology RAS

² Institute for System Programming RAS

1950 год

В Институте точной механики и вычислительной техники Академии наук СССР (ИТМиВТ АН СССР) начал функционировать семинар по программированию под руководством известного математика Л.А. Люстерника.

1951 год

Этот год отмечен тремя курсами лекций по программированию на ЭВМ. Это курс лекций по цифровой вычислительной технике в Московском энергетическом институте (МЭИ), который читает С.А. Лебедев. В МЭИ была создана первая в стране кафедра «Вычислительная техника». В Артиллерийской военно-инженерной академии имени Ф.Э. Дзержинского А.И. Китов, в рамках системы командирской учёбы, читает курс лекций по цифровой вычислительной технике и программированию. Б.И. Рамеев начинает читать курс лекций по цифровой вычислительной технике в МИФИ.

1952 год

В Академии артиллерийских наук Министерства обороны СССР (МО СССР) А.И. Китовым, создаётся первый в стране отдел ЭВМ и программирования. Позднее, после упразднения этой Академии, отдел ЭВМ А.И. Китова переведён в подчинение Артиллерийской военно-инженерной академии имени Ф.Э. Дзержинского.

На механико-математическом факультете МГУ С.Л. Соболевым организуется кафедра вычислительной математики и А.А. Ляпунов начинает читать учебный курс лекций по программированию.

В секретном НИИ-4 МО СССР, расположенном в подмосковных Подлипках, А.И. Китов защищает кандидатскую диссертацию на тему «Программирование задач внешней баллистики ракет дальнего действия».

1953 год

М.В. Келдыш организует Отделение прикладной математики в Математическом институте АН СССР, в котором создаётся отдел программирования под руководством А.А. Ляпунова.

Введением понятия «Операторная схема программы» А.А. Ляпунов первый заложил основы нового научного направления – теории программирования.

Создание, по инициативе академиков М.В. Келдыша и М.А. Лаврентьева и под руководством С.А. Лебедева и М.Р. Шура-Буры, большой программы расчета атомного взрыва для БЭСМ-1.

И.С. Мухин защищает кандидатскую диссертацию «Численное решение системы двух уравнений с частными производными первого порядка (расчет насыпи) на машине БЭСМ-1».

В научном журнале «Известия Артиллерийской академии имени Ф.Э. Дзержинского» выходит в свет статья А.И. Китова «Применение электронных вычислительных машин».

1954 год

В мае – июне А.И.Китов создаёт первый в стране вычислительный центр – ВЦ-1 МО СССР. В 1950-е годы ВЦ-1 был центром информационно-кибернетической мысли (подобно Институту кибернетики АН УССР в 1960–1970-е г.), регулярно издававшим свой сборник научных трудов и проводившим конференции всесоюзного значения.

В МИАНе начинает работать семинар по программированию под руководством А.А. Ляпунова.

Создание программной системы расчета термоядерных взрывов на ЭВМ «Стрела» под руководством М.Р. Шура-Буры. Методика расчетов была разработана А.Н. Тихоновым, А.А. Самарским.

И.Я. Акушский в Академии наук Казахстана организует Лабораторию машинной и вычислительной математики.

1955 год

Создаются Вычислительный центр АН СССР (ВЦ АН) и Вычислительный центр МГУ (НИВЦ).

На Международной конференции по электронным счетным машинам в г. Дармштадт (Германия) С.А. Лебедев делает доклад «Быстродействующая электронная вычислительная машина Академии наук СССР».

А.А. Ляпунов организует на кафедре вычислительной математики МГУ семинар по смежным вопросам кибернетики и физиологии.

Начало автоматизации программирования. Программная реализация операторной схемы Ляпунова – первую программирующую программу (ПП-1) разработали С.С. Камынин и Э.З. Любимский.

Создание производственной программирующей программы ПП-2 – первого в мире компилятора, производящего оптимизацию кода программы при трансляции арифметических и логических выражений. Авторы: М.Р. Шура-Бура, С.С. Камынин, Э.З. Любимский, В.С. Штаркман.

1956 год.

Выходит в свет первая отечественная монография по ЭВМ и программированию: А.И. Китов «Электронные цифровые машины». М: «Советское радио», 287 стр. Заключительная треть книги посвящена «неарифметическому» использованию ЭВМ. Профессор Дж. Карр (США) в своей книге «Lectures of programming» (1958 г.) написал: «По-видимому, в настоящее время наиболее полное изложение вопросов программирования для ЭВМ, содержащее подробные примеры и их анализ как ручного, так и автоматического программирования, даётся в книге А. Китова. Некоторые разделы этой книги переведены на английский язык и могут быть получены в Американской ассоциации по вычислительной технике».

Под руководством И.С. Брука создаётся Лаборатория управляющих машин и систем АН СССР, позднее преобразованная в Институт электронных управляющих машин АН СССР (ИНЭУМ).

Тогда же происходит публикация книги А.И. Китова, Н.А. Криницкого и П.Н. Комолова «Элементы программирования (для электронных цифровых машин)». Ответственный редактор книги А.И. Китов. М: Издательство Артиллерийской академии имени Ф.Э.Дзержинского, 288 стр.

На 3-м Всесоюзном математическом съезде представлены доклады:

- С.Л. Соболев «Некоторые современные вопросы вычислительной математики»;
- А.И. Китов, А.А. Ляпунов, И.А. Полетаев, С.В. Яблонский «О кибернетике»;
- А.П. Ершов, С.С. Камынин, Э.З. Любимский «Автоматизация программирования».

Сессия Академии наук СССР по научным проблемам автоматизации производства. Доклад И.С. Брука «Разработка теории, принципов построения и применения управляющих машин».

О возможностях использования ЭВМ для управления производством впервые в СССР говорится в статье А.И. Китова «Электронная вычислительная техника», опубликованной в феврале в научном сборнике АН СССР «Радиотехника и электроника и их техническое применение» (под редакцией А.И. Берга и А.И. Джигита).

Начинают работать семинары: в МГУ (под руководством Н.П. Трифонова и М.Р. Шура-Буры), в Киеве – семинары, которыми руководят Л.А. Калужнин, В.С. Королюк и Е.Л. Ющенко и В.М. Глушков.

Транслятор ППС для ЭВМ «Стрела» создан коллективом, в который вошли А.П. Ершов, К.В. Ким, В.М. Курочкин, Т.М. Великанова, Ю.А. Олейник-Овод.

В.С. Королюк, Е.Л.Ющенко в Киевском университете и Киевском политехническом институте начинают читать курсы лекций по программированию.

На сессии Академии наук СССР И.С. Брук делает доклад «Разработка теории, принципов построения и применения управляющих машин».

1957 год

Создаются Вычислительные центры АН УССР и АН АрмССР.

С.Л. Соболев и М.М. Лаврентьев организуют Институт математики СО АН СССР в Новосибирске.

В МИАН Ю.И. Янов защищает кандидатскую диссертацию «О равносильности и преобразованиях схем программ».

Создание программы экономических расчетов «Прораб». Л.В. Канторович, Л.Т. Петрова, М.А. Яковлева.

Первая программа машинной графики, визуализирующая на электронно-лучевой трубке процесс распределения целей. А.М. Бухтияров.

Метод программирования в содержательных (символьных) обозначениях. А.Л. Брудно.

1958 год

Выходят в свет: первый выпуск сборника статей «Проблемы кибернетики» под редакцией А.А. Ляпунова; книга А.П. Ершова «Программирующая программа для быстродействующей электронной счетной машины». Всесоюзное издательство «Знание» массовым тиражом выпускает брошюру А.И. Китова «Электронные вычислительные машины», в которой впервые опубликованы идеи применения ЭВМ для управления производством и решения задач экономики на основе создания ЕГСВЦ – Единой государственной сети вычислительных центров.

Первый выпуск журнала серии «Проблемы кибернетики». А.А. Ляпунов.

Э.З. Любимский защищает в МИАН кандидатскую диссертацию: «Об автоматизации программирования и методе программирующих программ».

В МГУ начинает работать семинар по кибернетике (С.В. Яблонский, О.Б. Лупанов).

1959 год.

7 января А.И. Китов посылает своё 1-е письмо в ЦК КПСС (на имя главы СССР Н.С. Хрущёва) о необходимости широкомасштабного производства и использования ЭВМ, в первую очередь, для управления экономикой всей страны на основе создания ЕГСВЦ.

Публикуется книга-энциклопедия «Электронные цифровые машины и программирование». А.И. Китов, Н.А. Криницкий. ГИФМЛ. М., 580 стр. Этой книге Министерство высшего образования СССР первой в стране присвоило официальный статус «Учебное пособие для ВУЗов». По ней обучилось несколько поколений специалистов Советского Союза, ряда стран Центральной и Восточной Европы. 2-е издание вышло в 1961 г.

Под председательством А.И. Берга образован Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика».

Л.Н. Королевым защищается в ИТМиВТ кандидатская диссертация: «Некоторые вопросы теории машинного словаря» (Использование хеширования при поиске по словарю).

Осенью 1959 года А.И. Китов посылает своё 2-е письмо в ЦК КПСС (на имя главы СССР Н.С. Хрущёва) «О мерах по устранению отставания от США в производстве ЭВМ и их использовании». К этому письму был приложен разработанный А.И. Китовым двухсотстраничный проект создания Общесоюзной сети вычислительных центров двойного назначения: для автоматизации управления экономикой страны (в мирное время) и её Вооружёнными Силами (в военное время).

16–21 ноября проходит Всесоюзное совещание по вычислительной математике и вычислительной технике. А.И. Китов выступает с первым докладом по АСУ страны. Этот доклад в виде статьи «О возможностях автоматизации управления народным хозяйством» за подписями А.И. Берга, А.И. Китова и А.А. Ляпунова позднее был опубликован в сборнике «Проблемы кибернетики» (выпуск 6, ГИФМЛ, 1961).

1960 год

«Операторные алгоритмы» – язык формального описания различных классов программ по отношению к базовой сигнатуре и свойствам запоминающей среды. А.П. Ершов.

Создаются Институт кибернетики АН Грузинской ССР, Институт кибернетики АН Эстонской ССР и Институт электроники и вычислительной техники в Риге. Происходит создание под председательством М.Р. Шура-Бура Ассоциации пользователей ЭВМ «М-20».

Заключение

Авторы будут весьма признательны всем коллегам, пожелавшим прислать свои дополнения и уточнения, касающиеся хронологии событий рассматриваемого периода.

Точка отсчёта истории отечественной кибернетики

Китов В.А.¹ Шилов В.В.²

¹ Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН
vladimir.kitov@mail.ru

² «МАТИ» – РГТУ имени К.Э. Циолковского
shilov@mati.ru
Москва, Россия

On the Beginning of Cybernetics in this Country

Kitov V.¹, Shilov V.²

¹ S. Vavilov Institute of History of Natural Science and Technology RAS

² «МАТИ» – Russian State University of Aviation Technology

В 1948 г. увидела свет книга выдающегося американского математика Норберта Винера «Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине», положившая начало новой науке. Она стала бестселлером и произвела сенсацию не только в научном мире, но и в обществе в целом. Вскоре на Западе появилось множество публикаций (в том числе популярного характера), в которых особенно акцентировались идеи Винера о принципиальном сходстве процессов поведения живых организмов и сложных технических систем. Вероятно, именно этот аспект теории Винера в первую очередь привлек внимание советских идеологических инстанций и потребовал соответствующей реакции. В начале мая 1950 г. в «Литературной газете» появилась статья известного публициста Бориса Агапова «Марк III, калькулятор» содержавшая резкую критику идеи использования электронных вычислительных машин для обработки экономической информации, а также нелицеприятную оценку личности Винера. Эта статья фактически положила начало антикибернетической кампании в СССР. Вскоре книга Винера, в каком-то количестве уже попавшая в Советский Союз, была переведена в спецхраны библиотек. Появившиеся в течение нескольких последующих лет (1952-1954) статьи против кибернетики, хотя и не были многочисленными, но явно свидетельствовали о скоординированном и санкционированном высшими идеологическими инстанциями характере кампании против новой науки. Таким образом, кибернетика как наука в СССР оказалась под запретом, а само это слово стало ругательным.

В 1951 году майор А.И. Китов, научный референт Академии артиллерийских наук, был ещё и военным представителем (военпредом) Министерства обороны в секретном СКБ-245 оборонного Министерства радио-промышленности СССР. В спецхране библиотеки этой организации ему удалось прочитать книгу Винера (причем для этого ему потребовалось получить специальное письменное разрешение Президента Академии артиллерийских наук, Главного Маршала артиллерии СССР Н.Н. Воронова). Книга произвела на А.И. Китова сильное впечатление, он сразу же оценил большой потенциал новой науки. Под этим впечатлением он начал писать о ней развёрнутую статью, которую назвал «Основные черты кибернетики».

Об истории появления первой в СССР позитивной статьи о кибернетике вспоминает один из ветеранов кибернетики, известный учёный М.Г. Гаазе-Раппопорт:

«Во второй половине 1954 г. на подобном семинаре, работавшем в одном из научно-исследовательских институтов [семинар по общеметодологическим проблемам естествознания в НИИ-5 Главного артиллерийского управления МО СССР – Авт.], по инициативе участников семинара в программу был включён ряд сообщений о рациональных зёрнах кибернетики. Сообщения были поручены трём кандидатам наук – И.А. Полетаеву,

А.И. Китову и автору этих строк. Их выступления встретили большой интерес.

В ходе подготовки своего сообщения Анатолием Ивановичем Китовым был написан текст, с которым затем ознакомились профессор (тогда ещё только доктор физико-математических наук) А.А. Ляпунов и академик С.Л. Соболев. Этот текст лёг в основу статьи трёх авторов «Основные черты кибернетики», а также статьи Э. Кольмана «Что такое кибернетика», напечатанных в 1955 г. в № 4 журнала «Вопросы философии» [1].

Потом Китов и Ляпунов сходили в серое монументальное здание ЦК КПСС на Старой площади, где представили статью «Основные черты кибернетики» в идеологический отдел ЦК КПСС. Они пытались убедить сотрудников отдела в прогрессивном значении кибернетики и в необходимости опубликовать эту статью. В ответ им не сказали «нет», но в качестве обязательного условия для опубликования поставили предварительную «апробацию» в виде докладов и сообщений о кибернетических идеях перед общественностью Москвы и Ленинграда. С середины 1953 г. в течение двух лет А.И. Китов и А.А. Ляпунов выступали с лекциями о кибернетике в Центральной лектории Политехнического музея, в МГУ, в ЦК КПСС, во Всесоюзном Доме науки и техники, в ведущих НИИ Москвы, а А.И. Китов ещё и Ленинграда. Эти выступления и лекции А.И. Китова и А.А. Ляпунова сыграли решающую роль в реабилитации кибернетики в Советском Союзе.

Важнейшее значение в признании любой новой науки в СССР всегда играло её признание в первом ВУЗе страны – МГУ имени М.В. Ломоносова. А внутри МГУ одним из наиболее весомых и авторитетных факультетов был и остаётся механико-математический (мехмат). Вот как о выступлении Китова, Ляпунова и их соратника М.Р. Шура-Буры вспоминает академик НАН Украины В.С. Королюк, на протяжении ряда лет возглавлявший Институт математики АН Украины:

«Не знаю, каким образом объединились интересы А.И. Китова, А.М. Ляпунова и М.Р. Шура-Буры, но извест-

но, что на заседании Московского математического общества (ММО) весной 1954 г. были запланированы доклады перечисленных выше энтузиастов. Будучи аспирантом А.Н. Колмогорова в Московском университете я с нетерпением ожидал наступления интригующего события – реабилитации кибернетики как науки в Советском Союзе. Заседание ММО состоялось в актовом зале Главного здания МГУ при переполненной аудитории. Первым выступил А.И. Китов <...> Это был решительный человек в военной форме, выступающий уверенно с трибуны Большого актового зала Московского университета им. М.В. Ломоносова! А.И. Китов профессионально владел предметом обсуждения. Его логика перехода от конкретных проблем развития и применения вычислительной техники к методологическим и философским проблемам кибернетики была убедительной и безусловной. Уже после первого выступления А.И. Китова стало очевидным, что реабилитация кибернетики состоялась.

А далее, после А.И. Китова выступили А.А. Ляпунов и М.Р. Шура-Бура. А.А. Ляпунов аргументировал связь развития вычислительных машин с абстрактными областями математики – математической логикой и теорией алгоритмов. М.Р. Шура-Бура увлечённо растекался «мыслью по древу», объясняя аудитории вопросы развития систем программирования для ЭВМ. В итоге Московское математическое общество поддержало появление новой науки кибернетики...» [1].

Муж старшей дочери А.А. Ляпунова Н.Н. Воронцов так вспоминает о выступлении на мехмате МГУ весной 1955 года: «Помню полную аудиторию, ожидалось выступление против кибернетики и её проводников, было много преподавателей и студентов... После вступительного слова А.А. Ляпунова, с чётким, ясным, спокойным по тону докладом выступил А.И. Китов, было много вопросов, но противники кибернетики не выступили» [3].

Профессор Г.А. Миронов, с 1954 г. работавший с Китовым и Ляпуновым в ВЦ-1 МО СССР пишет: «Официальное отношение государства к кибернетике в 1954 году отражено в четвертом издании Философского словаря: «Поджигатели новой мировой войны используют кибернетику в своих грязных практических делах для разработки новых приемов массового истребления людей...». В этих условиях Китову надо было иметь завидную научную проницательность, чтобы после прочтения в 1951 году книги Норберта Винера *Cybernetics* (она имела гриф «Совершенно секретно» и выдавалась по специальным разрешениям) оценить глубину и огромную перспективу новой науки. И надо было обладать завидным мужеством, чтобы в 1951 году написать, вопреки официальной государственной доктрине, первую в СССР позитивную статью «Основные черты кибернетики». В соавторы этого принципиального материала Китов пригласил Алексея Андреевича Ляпунова и Сергея Львовича Соболева. Однако потребовалось три года публичных выступлений Китова и Ляпунова во многих, неизменно переполненных аудиториях, чтобы в 1955 году основной идеологический печатный орган ЦК КПСС – журнал «Вопросы философии» опубликовал эту статью» [4].

Доклады о кибернетике А.И. Китова, А.А. Ляпунова и небольшой группы их соратников принимались везде с большим энтузиазмом. Как вспоминал А.И. Китов в интервью, данном корреспонденту журнала «Компьютерра» в 1995 г., залы на этих выступлениях «буквально ломились» [5].

П.И. Гуляев в письме А.А. Ляпунову от 30 декабря 1955 г. описывает свои впечатления от присутствия на одном из выступлений по реабилитации кибернетики в Ленинграде 27.12.1954: «Глубокоуважаемый Алексей Андреевич! У нас в Ленинграде 27 дек. в Доме учёных состоялась лекция Анатолия Ивановича Китова. Лекция о кибернетике вызвала огромный интерес в городе. Зал был переполнен, стояли в коридоре и проходах. Были математики, физики, физиологи, инженеры, биологи, врачи, психологи и другие специалисты. Анатолий Иванович весьма интересно и очень полно рассказал о кибернетике. Было множество вопросов. Лектор был награждён продолжительными аплодисментами. Я с удовольствием слушал Анатолия Ивановича. Своим выступлением он, безусловно, сделал очень большое дело. Атмосфера настороженности, недоверия и страха перед кибернетикой рассеялась. В Ленинграде резко увеличился интерес к кибернетике, в учреждениях читаются лекции о ней, появляются статьи в местных газетах...» [6].

Титанические усилия по реабилитации кибернетики Китова, Ляпунова и их соратников увенчались успехом. Как пишет профессор К.И. Курбаков:

«Отметим главное: в конце 1950-х – начале 1960-х годов стала спадать неприязнь к кибернетике. До этого рядом недобросовестных ученых, приближенных к власти или услужливо работающих с ней, кибернетику преподносили обществу как лженауку и почти как антипод советской власти. Это грозило не только отставанием нашей страны в области НТП, но и представляло огромную общественную угрозу, поскольку дезориентировало наш народ в проблеме управления в целом и в самоуправлении, в особенности. Именно самоуправление и его возможности настораживали власть предержащих. Три научных богатыря – А.И. Китов, А.А. Ляпунов и С.А. Соболев мужественно выступили не только с правильным пониманием кибернетики, но и показали, что эта наука не несет никакой угрозы нашей стране. Наоборот, кибернетика является мощным инструментом значительного совершенствования процессов управления в нашей стране. Статья, опубликованная в журнале «Вопросы философии» в середине 1955 года, сразу привлекла к себе внимание широкой общественности.

Оценивая, с высоты сегодняшнего времени, выступление с такой статьей, необходимо отметить, что это был действительно мужественный поступок, который мог завершиться довольно печально для всех трех авторов. Конечно, основным автором и инициатором этой статьи был А.И. Китов. Отрицательные последствия лично для него скажутся позднее, но этот его поступок до сих пор, по моему мнению, недооценен» [2].

В течение последующих двух лет статья «Основные черты кибернетики» была переведена и опубликована в США, Японии и ряде европейских стран. Она явилась той искрой, после которой в СССР стремительно и не-

обратимо разгорелось пламя повсеместного признания кибернетических идей. Во многих ведущих вузах СССР стали открываться соответствующие специальности и кафедры. Начали организовывать кибернетические научные центры и лаборатории. По образному выражению самого Анатолия Ивановича, сказанного им в указанном выше интервью: «Как будто плотину прорвало» [5].

Выдающееся значение статьи «Основные черты кибернетики» для нашей страны отмечают академик Ю.И. Журавлёв: «Огромное значение для отстаивания права кибернетики на жизнь сыграла статья А.И. Китова, А.А. Ляпунова и С.Л. Соболева, опубликованная в журнале «Вопросы философии», где были чётко расставлены все точки», и профессор О.П. Кузнецов: «У нас широкая научная общественность была разбужена в 1955 году статьёй С.Л. Соболева, А.И. Китова, А.А. Ляпунова» [7]. Статья явилась первой в СССР позитивной публикацией, реабилитирующей кибернетику в глазах советских людей и народов Восточной Европы. Она стала точкой отсчёта в истории отечественной кибернетики.

В заключение приведём слова академика Г.И. Марчука, Президента АН СССР в 1986-1991 гг.: «В 1955 г. в четвертом номере журнала «Вопросы философии» появилась первая в СССР статья по кибернетике С.Л. Соболева, А.И. Китова и А.А. Ляпунова, в которой авторы глубоко и содержательно сформулировали значение кибернетики, в те времена подвергавшейся ошеломляющим нападкам научных кругов. В статье авторы рассмотрели общенаучное значение кибернетики как нарождавшейся теории информатики, теории электронных счётных машин и теории систем автоматического управления. Эта статья имела огромное значение для понимания новой области знаний и осуществила перелом в сознании людей, которые получили твёрдую основу новой нарождавшейся науки. Значение этой статьи для науки трудно переоценить» [8].

Список литературы

1. Очерки истории информатики в России / Ред.-сост. Д.А. Поспелов и Я.И. Фет. Новосибирск: научно-издательский центр ОИГМ СО РАН, 1998.
2. Долгов В.А. Китов Анатолий Иванович – пионер кибернетики, информатики и автоматизированных систем управления. М.: КОС-ИНФ, 2010.
3. Воронцов Н.Н. Алексей Андреевич Ляпунов. Очерк жизни и творчества. Окружение и личность. М.: Новый хронограф, 2011.
4. Миронов Г.А. Первый ВЦ и его основатель // Открытые системы. 2008. № 5. С. 76–79.
5. Нескормный В. Человек, который вынес кибернетику из секретной библиотеки // Компьютерра. № 43. 18 ноября 1996 г. С. 44–45.
6. Алексей Андреевич Ляпунов / Ред.-сост. Н.А. Ляпунова и Я.И. Фет. Новосибирск: изд-во СО РАН, 2001.
7. История информатики в России. Учёные и их школы / Составители В.Н. Захаров, Р.И. Подловченко, Я.И. Фет. М.: Наука, 2003.
8. Долгов В.А., Шилов В.В. Ледокол. Страницы биографии Анатолия Ивановича Китова // Информационные технологии. 2009. № 3. Приложение.

О работах Валентина Федоровича Турчина по кибернетике и информатике

Климов Анд.В.

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН
klimov@keldysh.ru

Аннотация. Кратко описана история, контекст, основные идеи, мотивация и цели исследований В.Ф. Турчина по философии, кибернетике, информатике и математике. Более подробно представлена история работ В.Ф. Турчина по методам преобразований программ, называемых суперкомпиляцией.

Ключевые слова: Турчин, концепция метасистемного перехода, язык программирования Рефал, суперкомпиляция, кибернетические основания математики.

On Valentin Turchin's works on cybernetics and computer science

Andrei Klimov

Keldysh Institute of Applied Mathematics, Russian Academy of Sciences, Moscow

Abstract. The history, context, main ideas, motivation and V.F. Turchin's research objectives on philosophy, cybernetics, informatics and mathematics are briefly described. The line of the Turchin's works on the program transformation method referred to as supercompilation is presented in more detail.

Keywords: Turchin, metasystem transition theory, programming language Refal, supercompilation, Cybernetic Foundation of Mathematics.

Основные этапы жизни В.Ф. Турчина

Валентин Федорович Турчин (14.02.1931–07.04.2010) после окончания Физического факультета Московского государственного университета в 1952 году работал в Физико-энергетическом институте в г. Обнинске. Вскоре после защиты докторской диссертации по физике медленных нейтронов он был приглашен академиком М.В. Келдышем в Институт прикладной математики АН СССР и в 1964 году переехал в г. Москву. При этом В.Ф. Турчин сменил не только место жительства, но и направление своей научной работы с физики на кибернетику и информатику, заявив, что теоретически физика приближается к своему «кризису», для разрешения которого необходима глубокая автоматизация обработки физических и математических теорий, формально-языковых моделей с помощью компьютеров. В качестве первых шагов к этой большой цели во второй половине 1960-х годов он разработал язык обработки символьной информации Рефал, а в 1970-е годы заложил основы методов глубокого преобразования программ, названных им *суперкомпиляцией*. В те же годы сложилась группа его учеников – студентов и аспирантов МГУ, МИФИ и Физтеха.

В 1972 году В.Ф. Турчин перешел на работу в Центральный научно-исследовательский институт автоматизации систем в строительстве (ЦНИПИАСС), где возглавил лабораторию, в которой вместе со своими учениками продолжал разработку Рефала, его приложений и суперкомпиляции. Летом 1974 года его уволили с работы за правозащитную деятельность и выступления в защиту А.Д. Сахарова и А.И. Солженицына. До отъезда в 1977 году в США он был безработным и продолжал научную работу дома. Ежедневные научные семинары с его учениками по вторникам не прерывались все годы. Когда не стало возможным проводить семинары в институте, собирались на квартирах.

Приехав в США в 1978 году В.Ф. Турчин полтора года работал в Курантовском институте в г. Нью-Йорке (Courant Institute of Mathematical Sciences) в отделе Якоба Шварца (Jacob T. Schwartz), автора языка SETL. После этого до выхода на пенсию в 1999 он был профессором Городского университета г. Нью-Йорка (The City College of the City University of New York, CC CUNY). В эти годы он выполнил все свои главные работы по суперкомпиляции и основаниям математики, основы которых заложил еще на родине.

Трилогия В.Ф. Турчина

В 1977 году незадолго до отъезда из СССР, делаясь планами перед расставанием, Валентин Федорович рассказал о своем замысле научно-философской «трилогии», часть которой он уже тогда реализовал, а над оставшимися направлениями собирался работать в последующие годы:

1. Философская часть: концепция метасистемного перехода, изложенная в книге «Феномен науки: кибернетический подход к эволюции» [8, 36]. Он ввел и продемонстрировал на многих примерах понятие метасистемного перехода (МСП) как единообразного кванта эволюции от зарождения живого мира до появления человека и развития культуры с ее высшей точкой – наукой. С точки зрения В.Ф. Турчина эта эволюционная картина дает также представления о добре и зле, о смысле жизни: добро – это то, что способствует созиданию и развитию, зло – это разрушение и препятствование эволюции, основа смысла жизни – представление о творческом бессмертии, как о личном вкладе в бесконечную эволюцию. Работу над кибернетической философией он продолжил в 1990-е годы вместе с Франсисом Хейлигеном (Francis Heylighen) и Клиффом Джослином (Cliff Joslyn) в рамках основанного ими проекта «Принципы кибернетики» («Principia Cybernetica») [2]. В 1990-е годы он выпустил несколько статей по концепции метасистемного перехода, кибернетической онтологии и эпистемологии [20, 21, 23].

2. Социальная часть: приложение концепции метасистемного перехода к развитию общества и социальным вопросам, развитое в книге «Инерция страха: социализм или тоталитаризм» [13, 35]. Здесь он дал свой взгляд на историю человечества, выделив в ней три этапа, три уровня по методу интеграции людей в общество: физическое принуждение (рабство), экономическое принуждение (капитализм) и свободная интеграция, к которой человечество еще идет. Для обозначения этой общественной организации будущего он использовал слово «социализм». С точки зрения В.Ф. Турчина переход от капитализма к социализму – это крупномасштабный метасистемный переход. Поскольку эволюция недетерминирована и метасистемные переходы могут происходить по-разному, при попытках построения новых уровней возможны тупики, откаты, а не только последовательное движение вперед к усложнению организации (как принято считать в концепции «прогресса»). Социализм в СССР – это пример попытки построить общество, интегрированное на основе идей и духовной культуры общества, но неудачной. Получился не социализм, а тоталитаризм, в котором индивиды потеряли свое главное свойство – творческую свободу, – в то время как удачный МСП создает новый уровень управления с целью интеграции подсистем в систему, не разрушая основных свойств подсистем, а сохраняя, используя и развивая их.
3. Научная часть: использование концепции метасистемного перехода к получению научных результатов. Валентин Федорович говорил, что новую философскую концепцию невозможно «разрекламизировать» и «внедрить в умы» без демонстрации ее плодотворности для получения конкретных достижений. Только если философия предоставляет правила для ума, помогающие порождать новые идеи и анализировать происходящие в науке и обществе процессы, она увлечет людей. Когда В.Ф. Турчин делился такими планами в 1977 году, одно из его достижений в области программирования было создано, второе уже складывалось на уровне общих принципов и методов, а третье он создал уже в США:
 - язык программирования Рефал,
 - суперкомпиляция,
 - кибернетические основания математики.

Рефал как метаязык

В.Ф. Турчин пропагандировал точку зрения на науку как на формально-языковое моделирование реальности, а не как на процесс познания каких-либо абсолютных истин. В частности, математика изучает свойства самих формальных моделей, а не каких-либо идеальных объектов. С появлением компьютеров человечество получило независимый от человеческого ума инструмент работы с языковыми моделями. С этого времени человек может не заниматься рутинными манипуляциями с символами, а возлагать их на компьютер, оставив за собой деятельность по разработке алгоритмов и программ. Появление компьютеров и программирования как вида человеческой деятельности – это крупномасштабный метасистемный переход в истории человечества в целом и науки в частности, направленный на автоматизацию обработки формально-языковых моделей.

Следующий метасистемный переход – автоматизация самого программирования с использованием компьютеров, которая стала развиваться сразу же на заре вычислительной техники, и появление языков программирования и программирующих программ – трансляторов. В результате сами программы становились объектами манипулирования.

В середине 1960-х годов В.Ф. Турчин создал язык Рефал [29-31] как метаязык для обработки текстов на формальных языках с целью дать дальнейшее развитие этому метасистемному переходу. В те времена Рефал был языком более высокого уровня, чем существовавшие языки для обработки символьной информации Lisp, SNOBOL и другие. В 1970-е годы в СССР Рефал активно использовался для написания трансляторов, макрогенераторов, интерпретаторов, а также других видов преобразования текстов и языковых моделей: аналитические вычисления (компьютерная алгебра), задачи искусственного интеллекта, построение математических доказательств и т.п.

Например, одной из крупных задач, которую он тогда поставил, и которая не решена до сих пор – компьютерная проверка математических текстов по трактату Н. Бурбаки. Как-то Валентин Федорович попросил С.А. Романенко, тогда студента МГУ, провести эксперименты по раскрытию определений в текстах на формальном языке из первого тома трактата Н. Бурбаки «Теория множеств». Неожиданно оказалось, что даже самые простые формулы экспоненциально взрывались по размеру. Мне запомнилось, как Сергей развернул на два стола рулон распечатки с БЭСМ-6 со сплошной формулой на базовом языке трактата, порожденной из термина длиной в несколько символов в высокоуровневых понятиях, и Валентин Федорович с изумлением на нее смотрел, ходил по комнате, думал, а потом произнес непонятные мне тогда слова: «Надо совершать метасистемный переход!».

В области развития языков программирования В.Ф. Турчин ожидал взрыва числа специализированных проблемно-ориентированных языков. Один из принципов, который он сформулировал в концепции метасистемного перехода, – *закон разрастания предпоследнего уровня*, гласит: когда складывается новый уровень управления, подсистемы предыдущего уровня под его воздействием приобретают разнообразие и размножаются количественно. Развитие в 1960-е и 1970-е годы формальных и программных средств описания языков, систем программирования интерпретаторов и компиляторов (называемых компиляторами компиляторов), макрогенераторов – это было становление метасистемы над языками программирования. В результате облегчалось создание новых языков, следствием чего должен был стать рост их числа и качества. В.Ф. Турчин подчеркивал,

что языкотворчество – это естественное свойство человека. Каждая прикладная область должна порождать свой формальный язык. Ощущая важность этой задачи, Валентин Федорович сам продемонстрировал, как строить макросистемы, используя Рефал в качестве макроязыка [34].

Интересно, что этот прогноз В.Ф. Турчина поначалу не сбывался. В 1980-е годы макросистемы вышли из моды. К 1990-м годам вообще стало казаться, что новые языки программирования перестали появляться. О метаязыках вообще и о Рефале в частности стали реже вспоминать. У тех, кто помнил о словах Турчина, могло возникнуть сомнение в «прогностической силе» концепции МСП. Но вот наступили 2000-е и вдруг снова вернулась мода на языкотворчество и, как в 1960–70-е годы, стали плодиться языки программирования (например, языки «сценариев», *scripting languages*), структурированные форматы представления данных (например, на базе XML), языки спецификации интерфейсов, структуры и поведения различных систем и прочие виды языков. Естественно предположить, что вернется и мода на метаязыки типа Рефала или еще более высокого уровня.

Появление суперкомпиляции

После первых шагов по использованию Рефала для обработки формальных текстов, практически ощутив сложность задач, В.Ф. Турчин устремился к поиску путей дальнейшей автоматизации создания метапрограмм – программ, порождающих и преобразующих программы. Он говорил, что мы должны научиться так же легко обрабатывать программы на ЭВМ, как обрабатываем числа на Фортране. Определения языков программирования в виде программ – интерпретаторы, компиляторы – должны также стать объектом преобразований. Это еще один метасистемный переход.

Концепция метасистемного перехода была для В.Ф. Турчина не только понятийным аппаратом, с помощью которого он анализировал явления, но и «руководством к действию». Изучая, как происходят метасистемные переходы, он выявлял типовые шаблоны и приемы, подмечал общие закономерности и пользовался ими для конструирования новых метасистемных переходов с целью ускорить развитие интересовавших его научных направлений. Большой материал и примеры давала метаматематика и математическая логика. По аналогии с ними рождалась суперкомпиляция как метод преобразования определений языков на Рефале.

Впервые В.Ф. Турчин высказал эти идеи на семинаре в ИПМ зимой 1971–72 года (к сожалению, точнее дату восстановить невозможно). Он написал на доске простую программу – интерпретатор арифметических выражений на Рефале – и предложил провести вычисления «в общем виде» с заданным выражением, но неизвестными числовыми аргументами. Позже он учил нас, что введение переменных и выкладки «в общем виде» – это стандартный прием совершения метасистемного перехода в математике, который надо позаимствовать в программировании и методах обработке программ. А в тот раз, проделав неформально вычисления над вызовом функции с переменными, он получил на доске текст, напоминающий результат трансляции арифметического выражения в команды машины, и воскликнул: «Смотрите, компилирует!». Это было то, что сейчас называется *специализацией* программ по частично заданным аргументам.

Вскоре после этого В.Ф. Турчин изложил эту технику применительно к Рефалу в формальном виде [32]. Эта публикация 1972 года отсчитывает начало истории *суперкомпиляции*. Но это был еще базовый уровень, названный в следующей, более подробной публикации 1974 года [33] *прогонкой*. В первой работе [32] он также определил на базе прогонки *алгоритм обращения алгоритмов*. По (не совсем) удивительному совпадению, язык Пролог, в который встроена похожая техника обращения, появился также в 1972 году.

С 1974 года, будучи безработным, В.Ф. Турчин не мог публиковаться в СССР, и появление суперкомпиляции на свет произошло на серии еженедельных семинаров зимой 1974–75 годов, которые проходили в АСУрыбпроекте – Центральном проектно-конструкторском и технологическом институте автоматизированных систем управления Министерства рыбного хозяйства СССР, где тогда работал один из постоянных участников семинара Э.А. Вартапетян. У меня сохранились пожелтевшие листки конспекта тех лекций. Всего было 7 семинаров. Точных дат не сохранилось, кроме четвертого: он был 11 февраля 1975 года. Возможно, первые три были до зимней сессии с перерывом на студенческие каникулы, но может семинары и не прерывались.

Тогда были изложены все основные идеи суперкомпиляции. В частности, на третьем семинаре В.Ф. Турчин рассказал, как путем трех метасистемных переходов с помощью суперкомпилятора породить компилятор по интерпретатору и компилятор компиляторов – аналог того, что позже получило название *проекций Футамуры*. (Й. Футамура получил эти результаты раньше: две первые проекции описаны в статье 1971 года [1], а третья проекция – для компилятора компиляторов – в рабочем отчете 1973 года.)

Суперкомпиляция является образцом построения сложной формальной системы путем совершения нескольких метасистемных переходов. Именно в таком виде В.Ф. Турчин представил ее на тех семинарах:

1. Первый МСП над вычислениями: переход от конкретных состояний к представлению множеств состояний с переменными (называемых *конфигурациями*), от конкретных вычислений к вычислениям с переменными (называемых *прогонкой*), от вычисления по одному пути к процессу развертывания потенциально бесконечного дерева, представляющего все пути вычислений.
2. Второй МСП над прогонкой: свертка бесконечного дерева в конечный граф путем выполнения операций заикливания и обобщения.
3. Третий МСП над операциями свертки: различные стратегии остановки процесса прогонки, выполнения обобщения и перестроек дерева и графа. Второй и первые версии третьего уровня В.Ф. Турчин назвал *конфигурационным анализом*. (Заметим, что разделение на уровни МСП иногда неоднозначно, если они возникли одновременно.)

4. Другие МСП над вычислениями и над прогонкой: *окрестностный анализ* – обобщенные вычисления с двумя видами переменных (вторые естественно назывались *метапеременными*) с целью получить не только дерево и граф вычислений, но и множества состояний и множества конфигураций, которые проходят те же пути конкретных или обобщенных вычислений. В.Ф. Турчин задумал окрестностный анализ для совершенствования конфигурационного анализа как еще один уровень управления, позволяющий удачнее подбирать точки обобщения и заикливания. Позднее С.А. Абрамов предложил и другие интересные применения окрестностного анализа, включая тестирование [26].

До отъезда из СССР Валентину Федоровичу не удалось ничего опубликовать по собственно суперкомпиляции. Лишь в сборнике трудов 1977 года [37], изданном в ЦНИПИАСС без указания авторов, чтобы не упоминать имя В.Ф. Турчина, удалось вставить в главе «Техника использования Рефала» в конце раздела «Трансляционные задачи» три страницы (92–95) с изложением формул, порождающих компилятор и компилятор компиляторов.

За год до отъезда, осенью 1976 года, Валентин Федорович узнал о том, что близкие по целям исследования ведет А.П. Ершов, называвший свой подход *смешанными вычислениями*. Они встречались один раз в Москве в гостинице «Академическая» и обменивались идеями. Можно предположить, что они тогда сопоставили понятие *генерирующего расширения*, введенного А.П. Ершовым, и схемы порождения компилятора и компилятора компиляторов В.Ф. Турчина, поскольку в статье [27] Андрей Петрович называет формулу второго МСП, выражающую генерирующее расширение через специализатор (суперкомпилятор), *теоремой о двойной прогонке В.Ф. Турчина*.

Развитие суперкомпиляции В.Ф. Турчиным

После эмиграции В.Ф. Турчина в США работы по суперкомпиляции в России продолжались его учениками. Постепенно к нему присоединялись исследователи из других университетов в Западной Европе, особенно в Дании на факультете информатики (Datalogisk Institut), возглавлявшемся Нилом Джоунсом (Neil D. Jones), где был разработан свой метод специализации программ – *частичные вычисления* (*partial evaluation*). В последние годы наблюдается взрыв работ по суперкомпиляции многих авторов в разных странах. Но здесь мы ограничимся рассказом о линии работ самого В.Ф. Турчина и отметим лишь наиболее важные статьи других авторов.

В первые годы работы в США в Курантовском институте (1978–1979) Валентин Федорович изложил накопившиеся к тому времени идеи по Рефалу и суперкомпиляции в большом отчете [10]. Ряд тех идей до сих пор не освоены продолжателями и ожидают своего развития и реализации, в частности: *грамматики путей вычисления* и основанные на них понятия *метадифференцирования* и *метаинтегрирования* и метасистемные формулы. Эта техника лежит на следующем метауровне по сравнению с *конфигурационным анализом*, у которого основным объектом работы являются конфигурации. Здесь же объектом становятся представления множеств путей, графов конфигураций. Этой работой В.Ф. Турчин наметил следующий метасистемный переход, порождающий суперкомпиляторы более высокого уровня. Однако только недавно удалось построить первый двухуровневый суперкомпилятор [4], правда на других идеях (что лишний раз демонстрирует неоднозначность и недетерминированность метасистемных переходов).

В 1980-е годы, работая в CC CUNY, с небольшой группой американских учеников он создал и реализовал на IBM PC новую версию Рефала – Рефал-5 [19], а также разработал серию суперкомпиляторов для языка Рефал. Хотя первые суперкомпиляторы и используемые компьютеры были слабые, удалось провести первые эксперименты [6, 9, 16] и наметить подходы к решению различных задач с помощью суперкомпиляторов [11], в частности, к доказательству теорем [12].

В 1987 году Динес Бьёрнер (Dines Bjørner) организовал семинар в Дании по частичным и смешанным вычислениям (Workshop on Partial Evaluation and Mixed Computation, Gammel Avers, Denmark), в котором участвовали лидеры этого направления Н. Джоунс, А.П. Ершов, В.Ф. Турчин, Й. Футакура и их ученики. На том семинаре В.Ф. Турчин представил работу [18] о первом практическом *свистке* – правиле останова прогонки и обобщения конфигурации. Предыдущие версии свистков были либо слишком ресурсоемкими, либо не давали хороших остаточных программ в автоматическом режиме и требовали слишком подробных «подсказок» от пользователя. Можно считать, что этим закончилась разработка первого круга методов, на котором можно реализовать суперкомпилятор.

В том же году вышла журнальная статья по суперкомпиляции [15], на которую принято ссылаться.

С 1989 года возобновились регулярные контакты Валентина Федоровича с его российскими учениками. Вместе с Татьяной Ивановой он почти каждый год приезжал в Россию, и во время его пребывания проходили интенсивные семинары в Москве, Обнинске (1990) и Переславле-Залесском.

В конце 1980-х годов Валентин Федорович подготовил черновик книги о суперкомпиляции. Но она так и осталась незавершенной. В ней он детально описал устройство второй версии своего суперкомпилятора SCP2. Копии написанных глав были розданы участникам семинара по суперкомпиляции в г. Обнинске летом 1990 года, поэтому иногда на нее ссылаются как на «обнинскую книгу».

В начале 1990-х годов он вернулся к идее построения более мощного суперкомпилятора на основе преобразований грамматик путей. Сузив класс грамматик (по сравнению с отчетом-80 [11]) до регулярных выражений, он впервые разработал методы, описанные в статье 1993 года [22]. Однако, они не были доведены до конкретных алгоритмов и стратегий и еще ждут продолжения.

В 1994 году у Валентина Федоровича в США стажировался А.П. Немытых, и они начали работу над чет-

вертой версией суперкомпилятора Рефала SCP4, которую в течение следующих лет А.П. Немытых довел до законченного вида [5, 28].

В 1995 году Мортен Сёренсен (Morten Heine Sørensen) и Роберт Глюк (Robert Glück) предложили [7] использовать *вполне-квази-порядок* (*well-quasi-order*) на термах (*гомеоморфное вложение*) в качестве свистка. Валентину Федоровичу этот метод очень понравился, и с этого момента он предлагал использовать его в качестве основного в суперкомпиляторах.

В 1996 году В.Ф. Турчин написал две последние статьи [24, 25] с обзором достижений и его видению направлений работ по суперкомпиляции. Возможно, Валентин Федорович уже чувствовал, что силы покидают его, и он подводил итоги.

За последние два десятилетия его учениками была проведена большая работа по упрощению методов суперкомпиляции, их шлифовке, наработке новых приемов и реализации разнообразных версий суперкомпиляторов для простых модельных языков. Но это уже другая история. Сам В.Ф. Турчин больше интересовался работами по суперкомпиляции реальных языков, например, Java [3], и выходу в практику. В последние годы наблюдается взрыв интереса к суперкомпиляции, о котором Валентин Федорович мечтал, но уже не застал.

Кибернетические основания математики

Еще одно научное достижение В.Ф. Турчина лежит в области оснований математики. Валентин Федорович был конструктивистом по духу, близким школе А.А. Маркова. Он говорил, что никакой актуальной бесконечности не существует. Есть только языковые модели и потенциально бесконечные процессы, перечисления. Как и А.А. Марков, он стремился свести все математические понятия к конструктивным, алгоритмическим. Его не смутила неудача конструктивной математики, пытавшейся все свести к алгоритмам. Он увидел ограниченность марковского конструктивного подхода в том, что система получилась замкнутой, не способной к развитию. Сведя всё к детерминированным алгоритмам, мы получили мир, в котором последовательности метасистемных переходов «вырождаются», «насыщаются», перестают порождать новое качество.

В конце концов ему удалось построить «открытую» конструктивную систему, расширив мир алгоритмов моделью пользователя, математика. Произошел метасистемный переход, аналогичный появлению физических теорий, в которых появляется понятие наблюдателя. Колесики его теории, названной *кибернетическими основаниями математики* (Cybernetic Foundation of Mathematics), моделируют многократное применение метасистемных переходов. В этой теории он фактически продемонстрировал, что такое формализованные метасистемные переходы в действии. В результате ему удалось дать конструктивную интерпретацию понятия множества и аксиом Цермело-Френкеля на основе расширенного понятия алгоритма.

В 1983 году он закончил книгу по кибернетическим основаниям математики, которая была издана лишь в виде университетского отчета [14]. После этого он сжал материал до двух статей, которые были приняты к публикации в журнале, но с условием, что он сократит их до одной статьи [17]. К сожалению, опубликованная версия из-за чрезмерной плотности информации стала плохо читабельной. Полная версия еще ждет своего издания и перевода на русский язык.

Естественно предположить, что Валентин Федорович планировал объединить работы по суперкомпиляции и кибернетическим основаниям. Он говорил, что не верит в плодотворность методов машинного доказательства теорем на основе логического вывода, и искал конструктивные подходы. Алгоритмические определения математических понятий могут стать объектом преобразований и вывода с помощью методов, похожих на суперкомпиляцию. В свою очередь, суперкомпиляция может обогатиться средствами эффективных конструктивных доказательств утверждений о программах.

Заключение

История суперкомпиляции насчитывает уже почти 40 лет. Ею занимается уже третье поколение ученых. В.Ф. Турчин спешил получить инструмент преобразования программ для реализации своих следующих идей по обработке формально-языковых моделей. Но история движется гораздо медленнее. Сейчас, когда мы имеем несколько экспериментальных суперкомпиляторов, ясно, что ни в 1970-е годы на БЭСМ-6, ни в 1980-е годы на персональных компьютерах невозможно было эксплуатировать систему такого рода. Но с начала нового тысячелетия, когда мы получили на своих рабочих столах компьютеры гигагерцовой мощности и с гигабайтной памятью, наконец стало получаться. Более того, естественно предположить, что новые проблемы автоматизации параллельного программирования на суперкомпьютерах будущего не будут решены без таких методов.

Времена суперкомпиляции и аналогичных по вычислительной сложности методов настали. Вслед за Валентином Федоровичем мы сейчас называем эту область информатики *метавычислениями* – вычислениями над программами.

Список литературы

1. Futamura Y. Partial evaluation of computing process – an approach to a compiler-compiler // *Systems, Computers, Controls*, Volume 2, Issue 5, 1971. – P.45-50.
2. Heylighen F., Joslyn C., Turchin V.F. *Principia Cybernetica Web*. 1993-2005. – URL: <http://pcp.vub.ac.be>.
3. Klimov And.V. An approach to supercompilation for object-oriented Languages: the Java Supercompiler case study // A.P. Nemytykh (ed.) *Proceedings of the First International Workshop on Metacomputation in Russia* (July 2-5, 2008, Pereslavl-Zalessky, Russia). – Pereslavl-Zalessky: Ailamazyan University of Pereslavl, 2008. – P.43-53.

4. Klyuchnikov I.G., Romanenko S.A. Towards Higher-Level Supercompilation // Andrei P. Nemytykh (ed.) *Second International Valentin Turchin Memorial Workshop on Metacomputation in Russia, META 2011* (July 1-5, 2010, Pereslavl-Zalessky, Russia). – Pereslavl-Zalessky: Ailamazyan University of Pereslavl, 2010. – P.82-101.
5. Nemytykh A.P., Pinchuk V.A., Turchin V.F. A Self-Applicable Supercompiler // Olivier Danvy, Robert Glück, Peter Thiemann (eds.), *Dagstuhl Seminar on Partial Evaluation* (February 12-16, 1996, Dagstuhl Castle, Germany). *Lecture Notes in Computer Science*, volume 1110. – Springer, 1996. – P.322-337.
6. Nirenberg R., Turchin D.V., Turchin V.F. Experiments with a Supercompiler // *Proceedings of the 1982 ACM Symposium on LISP and Functional Programming* (August 15-18, 1982, Pittsburgh, PA, USA). – ACM, 1982. – P.47-55.
7. Soerensen M.H., Glueck R. An algorithm of generalization in positive supercompilation // J. W. Lloyd (ed.) *International Logic Programming Symposium* (December 4-7, 1995, Portland, Oregon). – MIT Press, 1995. – P.465-479.
8. Turchin V.F. *The Phenomenon of Science: A Cybernetic Approach to Human Evolution*. – New York: Columbia University Press, 1977. – xvii, 348 p.
9. Turchin V.F. A supercompiler system based on the language Refal // *ACM SIGPLAN Notices*, Volume 14, Issue 2, 1979. – P.46-54.
10. Turchin V.F. *The Language Refal – the Theory of Compilation and Metasystem Analysis*. Technical Report 20. – Courant Institute of Mathematical Sciences, New York University, 1980. – 245 p.
11. Turchin V.F. Semantic definitions in REFAL and the automatic production of compilers // Neil D. Jones (ed.) *Semantics-Directed Compiler Generation, Proceedings of a Workshop* (January 14-18, 1980, Aarhus, Denmark). *Lecture Notes in Computer Science*, volume 94. – Springer, 1980. – P.441-474.
12. Turchin V.F. The use of metasystem transition in theorem proving and program optimization // *Automata, Languages and Programming, 7th Colloquium* (July 14-18, 1980, Noordwijkerhout, The Netherlands). *Lecture Notes in Computer Science*, volume 85. – Springer, 1980. – P.645-657.
13. Turchin V.F. *The Inertia of Fear and the Scientific Worldview*. – New York: Columbia University Press, 1981. – 300 p.
14. Turchin V.F. *The Cybernetic Foundation of Mathematics*. – The City College of the City University of New York, 1983. – 190 p.
15. Turchin V.F. The concept of a supercompiler // *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, Volume 8, Issue 3, 1986. – P.292-325.
16. Turchin V.F. Program transformation by supercompilation // Harald Ganzinger, Neil D. Jones (eds.), *Programs as Data Objects, Proceedings of a Workshop* (October 17-19, 1985, Copenhagen, Denmark). *Lecture Notes in Computer Science*, volume 217. – Springer, 1986. – P.257-281.
17. Turchin V.F. A Constructive Interpretation of the Full Set Theory // *The Journal of Symbolic Logic*, Volume 52, Issue 1, 1987. – P.172-201.
18. Turchin V.F., The algorithm of generalization in the supercompiler // Dines Bjørner, Andrei P. Ershov, Neil D. Jones (eds.), *Partial Evaluation and Mixed Computation, Proceedings of the IFIP TC2 Workshop*. – North-Holland, 1988. – P.531-549.
19. Turchin V.F. *REFAL-5 Programming Guide and Reference Manual*. – Holyoke MA: New England Publishing Co., 1989.
20. Turchin V.F. The Cybernetic Ontology of Action // *Kybernetes*, Volume 22, Issue 2, 1993. – P.10-30.
21. Turchin V.F. On Cybernetic Epistemology // *Systems Research*, Volume 10, Issue 1, 1993. – P.1-28.
22. Turchin V.F. Program transformation with metasystem transitions // *The Journal of Functional Programming*, Volume 3, Issue 3, 1993. – P.283-313.
23. Turchin V.F. A Dialogue on Metasystem Transition // *World Futures*, Volume 45, Issue 1-4, 1995. – P.5-58.
24. Turchin V.F. Metacomputation: Metasystem Transitions plus Supercompilation // Olivier Danvy, Robert Glück, Peter Thiemann (eds.), *Dagstuhl Seminar on Partial Evaluation* (February 12-16, 1996, Dagstuhl Castle, Germany). *Lecture Notes in Computer Science*, volume 1110. – Springer, 1996. – P.481-509.
25. Turchin V.F. Supercompilation: techniques and results // Dines Bjørner, Manfred Broy, Igor V. Pottosin (eds.), *Perspectives of System Informatics, Second International Andrei Ershov Memorial Conference* (June 25-28, 1996, Akademgorodok, Novosibirsk, Russia). *Lecture Notes in Computer Science*, volume 1181. – Springer, 1996. – P.227-248.
26. Абрамов С.М. *Метавычисления и их приложения*. – Москва: Наука. Физматлит, 1995. – 128 с.
27. Ершов А.П. О сущности трансляции // *Программирование*, № 5, 1977. – С.21-39.
28. Немытых А.П. *Суперкомпилятор SCP4: общая структура*. – М.: Editorial URSS, 2007.
29. Турчин В.Ф., Метаязык для формального описания алгоритмических языков // *Цифровая вычислительная техника и программирование*. – Москва: Советское радио, 1966. – С.116-124.
30. Турчин В.Ф. Метаалгоритмический язык // *Кибернетика*, № 4, 1968. – С.45-54.
31. Турчин В.Ф. *Программирование на языке РЕФАЛ*. Препринты ИПМ АН СССР № 41, № 43, № 44, № 47, № 49. – Москва: ИПМ АН СССР, 1972.
32. Турчин В.Ф. Эквивалентные преобразования рекурсивных функций, описанных на языке Рефал // *Труды симпозиума «Теория и методы построения систем программирования»* (Киев-Алушта). 1972. – С.31-42.
33. Турчин В.Ф., Эквивалентные преобразования программ на Рефале // *Автоматизированная система управления строительством. Труды ЦНИПИАСС*. – Москва: ЦНИПИАСС, 1974. – С.36-68.
34. Турчин В.Ф., РЕФАЛ-макрокод // *Труды Всесоюзного семинара по вопросам макрогенерации*. – Тбилиси: ВЦ АН ГССР, 1975. – С.150-165.
35. Турчин В.Ф. *Инерция страха. Социализм и тоталитаризм*. – Нью-Йорк: Изд-во "Хроника", 1978.
36. Турчин В.Ф. *Феномен науки: кибернетический подход к эволюции*. – Москва: Наука, 1993. – 295 с.
37. Турчин В.Ф. и др. *Базисный РЕФАЛ и его реализация на вычислительных машинах (методические рекомендации)*. Фонд алгоритмов и программ для ЭВМ в отрасли "Строительство", специальный раздел, Вып. V-40. – Москва: ЦНИПИАСС, 1977. – 258 с.

История развития информатики как фундаментальной науки

Колин К.К.
Институт проблем информатики РАН
kolinkk@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются основные этапы развития информатики как фундаментальной науки, изучающей информационные процессы в природе и обществе. Показано, что в настоящее время информатика активно формируется как комплексное междисциплинарное направление, которое в перспективе сможет квалифицироваться как самостоятельная отрасль фундаментальной науки. Определены некоторые перспективные направления развития информатики.

The History of Informatics as a History of the Basic Science

Kolin K.
Institute of Informatics Problems RAS

Abstract. The paper examines the main stages of informatics as a basic science studying information processing in the nature and society. It is shown that informatics is actively formed now as a complex interdisciplinary area, which eventually will be qualified as an independent field of the fundamental science. Several promising areas of science were identified.

1. Состояние проблемы и ее актуальность

В последнее десятилетие информатика как фундаментальная наука становится ключевой составляющей системы научного познания. В условиях формирования глобального информационного общества, развитие этой науки является стратегически важным, так как оно в значительной степени определяет развитие экономики, науки, образования и культуры, конкурентоспособность той или иной страны, качество жизни ее населения и национальную безопасность. В связи с этим повышен интерес к проблеме уточнения места информатики в системе наук, а также к ее фундаментальным основам, историко-философским, научно-методологическим и социально-культурологическим аспектам, который наблюдается сегодня в сфере науки.

В то же время в системе образования, как в нашей стране, так и за рубежом, все еще доминирует инструментально-технологический подход к изучению проблем информатики, а ее фундаментальные аспекты рассматриваются в качестве второстепенных. А ведь именно эти аспекты, выходя за рамки научно-методологических, и философских оснований информатики, являются наиболее актуальными, так как необходимы для обеспечения фундаментальности подготовки научных кадров и специалистов самого различного профиля, формирования новой информационной культуры общества, адекватной вызовам 21-го века. Причина здесь заключается в том, что проблема позиционирования информатики в системе науки еще недостаточно исследована, хотя актуальность таких исследований очевидна и не вызывает сомнений.

В последние годы в США, Китае и странах Западной Европы активизировался интерес к научно-методологическим и философским аспектам информатики. Так, например, в 2010 г. в Пекине состоялась Четвертая Международная конференция по фундаментальным основам информационной науки (Fourth International Conference on the Foundations of Information Science – FIS 2010), для участия в которой в качестве Почетного Президента был приглашен и автор настоящей работы. Конференция была организована Международным Координационным Советом по фундаментальным основам информационной науки, который, начиная с 1994 года, проводит конференции в различных странах: Испании (1994), Австрии (1997), Франции (2005), Китае (2010). Очередная конференция по данной проблеме (FIS 2012) планируется в 2012 году в России.

В состав указанного выше Совета входят сегодня 62 представителя из 20 стран мира, в том числе – шестеро ученых представляют Россию. В августе 2010 г. в Пекине состоялось заседание этого Совета, на котором было принято решение о создании Международного общества по изучению информации (International Society for Information Studies – ISIS). В настоящее время это Общество зарегистрировано в Австрии, а его Президентом избран представитель России – автор настоящей работы.

Проблемы развития информатики обсуждались и на других крупных международных конференциях. Одна из них состоялась в 2010 г. в Азербайджане, а другая в 2011 г. – в Болгарии. В университетах ряда стран мира в эти годы созданы новые институты и научные центры по изучению фундаментальных проблем информатики. Так, например, Институт социальной информационной науки (Social Information Science Institute) создан в 2006 г. в составе Хуаджонгского университета науки и технологий Китая, а в 2010 г. в составе одного из китайских университетов в Сиане создан Международный исследовательский центр философии информации.

По инициативе Института проблем информатики РАН в России также созданы два новых научно-образовательных центра (НОЦ). Один из них – в составе Сибирского федерального университета (НОЦ «Информатика, информационные технологии и управление»), а другой – в составе Челябинской государственной академии культуры и искусств (НОЦ «Информационное общество» [19]). Их задачей является внедрение результатов в области развития фундаментальных основ информатики в систему образования, разработка новых

учебных курсов для магистров и аспирантов, а также предложений по модернизации Государственных образовательных стандартов.

Совместным решением руководства Института проблем информатики и Института научной информации по общественным наукам РАН в 2011 г. создан Научно-методологический семинар по философским проблемам наук об информации.

Казалось бы, положительные тенденции налицо. Однако следует признать, что, как в нашей стране, так и за рубежом, сегодня все еще отсутствует четкое позиционирование информатики в системе науки, а научно обоснованные подходы к изучению ее проблем в системе образования и подготовки научных кадров должным образом не используются. Особенно это стало заметно, когда в 2006 г. в России была введена новая Программа кандидатского экзамена по курсу «История и философия науки». Ее анализ показал, что содержание разделов, связанных с изучением проблем информатики нельзя признать удовлетворительным, так как оно не отражает современного состояния и основных тенденций развития этой науки. В то же время в России уже имеются новые научные результаты, которые могут быть использованы в системе образования.

2. Значение современных методов информатики для развития науки и техники

В последнее время интерес к использованию методов информатики в самых различных областях научных исследований и практических разработок быстро возрастает. Этот интерес проявляют не только отдельные ученые и научные организации, но также и некоторые правительственные структуры. Так, в 2005 г. Консультативный комитет по информационным технологиям при Президенте США представил Аналитический доклад по этой проблеме. Его краткий анализ содержится в работе [1]. В Докладе показано, что руководству США необходимо принимать решительные действия для предотвращения дальнейшего развития тех негативных тенденций, которые наблюдаются в американской науке и в системе образования. При этом особое внимание должно быть уделено развитию и использованию методов информационного моделирования, которые быстро развиваются и уже оформились в одно из перспективных направлений междисциплинарной сферы исследований, получившей в западных странах название *Computational science* (Вычислительная наука).

Авторы Доклада прогнозируют, что именно это направление и будет в 21-м веке критическим фактором дальнейшего развития науки, образования и высоких технологий. Они утверждают, что прогресс именно в этой области должен обеспечить первенство США в мировой экономике и их стратегическое превосходство в сфере высоких технологий. В Докладе показано, что развитие «вычислительной науки» создает уникальные возможности для проведения научных исследований. С использованием ее средств и методов ученые могут изучать самые разнообразные проблемы, исследование которых другими методами является неэффективным, а зачастую и просто невозможным.

Важная особенность информатики заключается в том, что ее методы востребованы практически во всех предметных областях науки и поэтому могут использоваться во всех сферах научного познания, привнося в них принципиально новые качества. Информатика как фундаментальная наука сегодня становится той междисциплинарной областью, которая может многократно повысить эффективность исследований практически во всех других направлениях фундаментальной и прикладной науки. Однако эта универсальность представляет не только достоинство, но и уязвимое место информатики. Ведь другие научные дисциплины могут использовать ее средства и методы, но ни одна из них не решает задач их дальнейшего развития. Именно поэтому и необходимы специальные меры для развития данного важного междисциплинарного научного направления.

С этой целью в Докладе предлагается проведение в США ряда новых долгосрочных национальных программ по сотрудничеству правительства, науки, образования и бизнеса, направленных на развитие и использование методов информатики практически во всех сферах социальной практики.

К сожалению, авторы Доклада сосредоточили свое внимание лишь на инструментально-технологических аспектах использования информатики в научных исследованиях и промышленных разработках и практически ничего не говорят о развитии *фундаментальных основ информатики*, включая ее философские и мировоззренческие аспекты. Нам представляется, что в этом заключается существенный недостаток подхода американских специалистов к проблемам информатики, так как он не дает целостной картины состояния и перспектив развития этой науки [1,2].

Проблема структуризации предметной области информатики. В качестве одной из радикальных мер, которая, по замыслу авторов Аналитического доклада, должна содействовать необходимому развитию информатики как междисциплинарного направления, предлагается новая трактовка структуры ее предметной области. Эту область предлагается существенным образом расширить путем объединения предметных областей *Computer Science* и *Information Science* и назвать *Computational science*.

Иначе говоря, предлагается объединить в составе одной предметной области как компьютерное, так и информационное направления в информатике, которые в США традиционно рассматривались в качестве самостоятельных направлений.

Кроме того, в состав объединенной предметной области информатики авторы Аналитического доклада предлагают также включить *Computing Infrastructure*. Этот термин обозначает всю область деятельности, связанной с использованием компьютеров.

Конечно, авторов рассматриваемого доклада можно понять. Им крайне необходим новый термин, который смог бы объединить основные направления исследований и разработок в области информатики и послужил бы своеобразным «брэндом» для дальнейшей популяризации этого направления в американском обществе, что

является необходимым условием для увеличения его финансирования, в том числе – из средств федерального бюджета. Сегодня мы знаем, что финансирование науки в США было удвоено, хотя это решение принял уже новый Президент США Барак Обама.

Разделяя идею американских специалистов о необходимости интеграции предметной области информатики в науку и образовании, мы, тем не менее, считаем, что для ее названия гораздо больше подходит уже существующий термин *Информатика*, причем в его расширительной российской и европейской трактовке. Ведь этим термином сегодня в России обозначается и компьютерная наука, и информационная наука, и вся область, связанная с использованием информационной техники и информационных технологий для социальных коммуникаций, проведения научных исследований, развития образования, экономики и культуры, а также вся информационная сфера деятельности, включая отрасль промышленного производства средств информатики. Необходимое обоснование этого подхода было проведено нами в работах [2, 8-12].

Научно-методологические аспекты развития информатики в России. Подход российских ученых к проблемам развития информатики всегда отличался комплексностью. Именно в нашей стране впервые были сформированы представления об информатике как о фундаментальной науке, имеющей важное междисциплинарное, научно-методологическое и мировоззренческое значение [3]. Именно Россия на 2-м Международном конгрессе ЮНЕСКО «Образование и информатика» (Москва, 1996г.) предложила новую концепцию изучения проблем информатики как фундаментальной науки и общеобразовательной дисциплины в системе опережающего образования. При этом была предложена новая структура образовательной области «*Информатика*» и показано, что переход к этой структуре может стать важным шагом на пути интеграции фундаментальной науки и образования [4,5]. Именно в России, начиная с 1990 года, осуществляется развитие *социальной информатики*, как перспективного направления в науке и образовании, которое стало научной базой для формирования информационного общества [6].

В последние годы в Российской академии наук разрабатываются также философские, семиотические и научно-методологические основы информатики, формируются принципиально новые подходы к структуризации ее предметной области, которые учитывают перспективные направления развития информатики, а также современные тенденции развития науки и образования [7,8,10,12]. Некоторые из этих проблем рассматриваются в специальном выпуске трудов Института проблем информатики РАН, посвященном современным научно-методологическим проблемам информатики [2].

3. Основные этапы развития информатики как фундаментальной науки

Представления о содержании предмета информатики как научной дисциплины, а также о месте информатики в системе научного знания несколько раз изменялись в процессе ее развития. Причем, весьма радикально. Эволюция этих представлений достаточно подробно рассмотрена в работах [2,8,12].

Информатика как техническая наука. Первый этап формирования информатики как науки, по нашему мнению, следует отнести к периоду 1978 – 1985 годов. Этот период был связан со стремительным развитием средств вычислительной техники и электроники, началом их все более широкого распространения не только в научной и оборонной сферах, но также в промышленности, экономике, административном управлении и финансовой деятельности. Знаковыми в этот период явились три основных события:

- Международный конгресс по информатике в Японии, который состоялся в 1978 году и дал новое, более широкое определение содержания термина «*Информатика*»;
- объявление Японией национального проекта создания и использования ЭВМ пятого поколения, которое было воспринято мировым сообществом как технологический вызов и в значительной степени способствовало изменению взглядов на роль вычислительной техники и информатики в дальнейшем развитии общества;
- создание в 1983 году в Академии наук СССР Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации, на которое было возложено научное руководство работами в этой сфере, как в нашей стране, так и в странах СЭВ.

В тот же период времени во Франции был издан Словарь информатики, где она определялась как «*наука о содержательной обработке, особенно при помощи автоматических машин, информации*», которая, в свою очередь, рассматривалась как «*основа человеческих знаний и коммуникаций в технологической, экономической и социальной областях*».

Таким образом, в начальный период развития информатики на первый план выдвинулись ее *инструментально-технологические аспекты*, в то время, как философские, биологические и социально-экономические проблемы этой науки еще находились в начальной стадии разработки. Свидетельством этого может служить определение понятия информатики, которое было выработано на Международном конгрессе по информатике в Японии. Звучит оно следующим образом: «*Понятие информатики охватывает области, связанные с разработкой, созданием, использованием и материально-техническим обслуживанием систем обработки информации, включая машины, оборудование, математическое обеспечение, организационные аспекты, а также комплекс промышленного, коммерческого, административного, социального и политического воздействия*».

Из приведенного определения видно, что, несмотря на явное доминирование в нем инструментально-технологических аспектов, уже тогда, более 30 лет тому назад, указывалось также на социально-экономические и политические аспекты развития информатики. Как показала дальнейшая история, этот прогноз оказался правильным.

Информатика как естественная наука. Следующий этап развития информатики, по нашему мнению, относится к периоду 1986-1989 годов. В этот период в АН СССР состоялась дискуссия по научно-методологическим проблемам информатики и были выработаны новые представления о ее предмете и месте в системе научного познания. Результаты этой дискуссии были изданы в виде отдельного сборника [3]. При этом хотелось бы отметить, что многие ведущие отечественные ученые, отдавая должное актуальности инструментально-технологических аспектов развития информатики, хорошо понимали, что ее проблематика не ограничивается только этими аспектами, а является гораздо более широкой.

Хотелось бы особо выделить научную позицию академика А.П. Ершова, который в своей статье «Информатика: предмет и понятие» [3] писал: «Термин *«Информатика»* уже в третий раз вводится в русский язык в новом, куда более широком значении – как название *фундаментальной естественной науки, изучающей процессы передачи и обработки информации*. При таком толковании информатика оказывается более непосредственно связанной с философскими и общенаучными категориями, проясняется и ее место в кругу «традиционных» академических дисциплин».

Комментируя эту свою точку зрения на место информатики в системе научного знания, А.П. Ершов указывал: «Сознавая некоторую относительность деления наук на естественные и общественные, мы все же относим информатику к естественным дисциплинам в соответствии с принципом вторичности сознания и его атрибутов и представлением о единстве законов обработки информации в искусственных, биологических и общественных системах. Отношение информатики к фундаментальным наукам отражает общенаучный характер понятия информации и процессов ее обработки».

Итак, приведенное выше определение предмета информатики, предложенное в России в указанный выше период времени, характеризуют информатику как *фундаментальную естественную науку*, имеющую первостепенное значение для развития всего комплекса научных исследований, связанных с изучением свойств информации и информационных процессов в природе и обществе, а также способов и средств реализации этих процессов.

Сегодня, спустя 25 лет после указанной выше дискуссии, мы понимаем, что данное определение уязвимо, так как в нем недостаточно отражены гуманитарные и социальные проблемы информатики, которые в тот период времени еще не получили должного развития, а сегодня становятся все более актуальными.

Информатика как комплексная проблема и междисциплинарная область исследований. Третий период развития информатики, как междисциплинарного научного направления, начался в России в 1990 году и продолжается до сих пор. Хотелось бы выделить несколько важных событий этого периода, которые, как нам представляется, оказали существенное влияние на развитие этого направления.

Первым из них является публикация в 1990 году статьи автора настоящей работы «О структуре научных исследований по комплексной проблеме «Информатика» [9]. В этой статье информатика была впервые позиционирована как *комплексная междисциплинарная проблема*, даны определения объекта и предмета ее исследований и предложена структура предметной области, состоящая из четырех основных компонентов – *теоретической, технической, биологической и социальной информатики*.

Предлагая такую структуру, автор следовал методологическому подходу Норберта Винера, который был им использован при структуризации предметной области кибернетики в начальный период формирования этой науки. Но был и еще один важный аргумент в пользу этой структуры. Он основан на фундаментальной гипотезе об информационном единстве Природы. Согласно этой гипотезе должны существовать фундаментальные законы информации, которые должны быть общими не только для технических систем, но также для неживой и живой природы, в том числе – для человека и общества. По нашему мнению, именно эти законы должны составлять основу информатики, как фундаментальной науки.

Второе событие этого периода представляет собой Международный Конгресс «Информационные процессы и технологии», который состоялся в 1993 г. в Москве в рамках Международного Форума информатизации МФИ-93. Пленарное заседание этого Конгресса, проходившее под председательством автора настоящей работы, было целиком посвящено обсуждению структуры предметной области информатики как комплексной междисциплинарной проблемы и ее места в системе науки. При этом были заслушаны всего четыре доклада, но для каждого из них было выделено по полтора часа, что редко случается на международных конференциях. Перечислим темы этих докладов:

- «Информатика сегодня и завтра: фундаментальные проблемы и информационные технологии» (д.т.н., проф. Колин К.К., Институт проблем информатики РАН);
- «Информация как семантическое свойство материи» (д.т.н., проф. Шемакин Ю.И., НИИ «Восход»);
- «Биологическая информатика» (д.физ.-мат.н., проф. Чернавский Д.С., Физический Институт РАН);
- «Интеллектуализация общества как необходимое условие информатизации» (д.э.н., проф. Каныгин Ю.М., Академик-секретарь Отделения фундаментальных проблем Украинской Академии информатики).

Необходимо отметить, что в первом из этих докладов в состав предметной области информатики впервые было включено новое направление, связанное с изучением информационных процессов в неживой природе. В настоящее время это направление активно развивается под названием *физическая информатика*.

В результате достаточно подробного обсуждения участниками Конференции были приняты рекомендации по изучению проблем информатики в науке и образовании, а пленарные доклады изданы в виде отдельной брошюры [20].

Следующим важным событием явился Второй Международный Конгресс ЮНЕСКО «Образование и информатика» (Москва, 1996 г.). В его работе приняли участие более ста правительственных делегаций из раз-

личных стран мира. Половина из них представила свои национальные доклады на тему: «Политика в сфере образования и новые информационные технологии». Представила такой доклад и Россия [4]. При этом важно отметить, что информатика в этом Докладе рассматривалась как *фундаментальная наука и общеобразовательная дисциплина*, имеющая большое значение для формирования научного мировоззрения. Мало того, была предложена также структура нового общеобразовательного курса «*Фундаментальные основы информатики*», который рекомендовался к изучению на всех уровнях перспективной системы образования.

Эти предложения российской делегации оказались неожиданными для многих участников Конгресса. Однако они были восприняты положительно и нашли свое отражение в итоговых документах. Даже сегодня, спустя 15 лет после проведения данного Конгресса ЮНЕСКО, эти предложения и рекомендации продолжают оставаться актуальными для системы образования и в необходимой степени еще не реализованы.

4. Современные представления о предмете информатики и структуре ее предметной области

В настоящее время в мировом научном и образовательном сообществах существуют три основные точки зрения на предмет и область исследований информатики. В соответствии с первой из них информатика все еще квалифицируется как *техническая наука*, изучающая методы и средства автоматизированной обработки и передачи информации при помощи современных средств информатизации и, в первую очередь, с помощью компьютеров и телекоммуникационных сетей. Именно эта точка зрения была доминирующей вплоть до 1995 года и определяла отношение к информатике, как в отечественной науке, так и в системе образования. Из этих же представлений, вероятно всего, исходили и при формировании перечня научных специальностей ВАК, по которым сегодня в России подготавливаются и защищаются кандидатские и докторские диссертации в области информатики. Ведь вот уже более 20 лет в этом перечне существует всего лишь одна научная специальность «*Теоретические основы информатики*», которая, конечно же, не может охватить всех современных научных проблем и аспектов этого быстро развивающегося комплексного научного направления.

Что же касается зарубежной науки, то в США, Канаде и других англоязычных странах русскоязычному термину «*Информатика*» сегодня соответствует, как минимум, четыре англоязычных термина и четыре области знания: *Computer science*, *Information science*, *Computational Science* и *Social Information science*. При этом в области «*Computer science*», само название которой подчеркивает компьютерную ориентацию данной области научных исследований и прикладных разработок, основное внимание уделяется инструментально-техническим аспектам, а не изучению собственно информационных процессов, которыми занимается другая наука, получившая в этих странах название «*Information science*».

В работах российских ученых сегодня достаточно подробно проанализирована эволюция представлений о предмете информатики, показано ее место в системе науки, философское и междисциплинарное значение, взаимосвязи с другими научными дисциплинами, в том числе, гуманитарными, а также перспективы развития [2, 8, 12].

Таким образом, предметная область информатики так, как ее сегодня понимают многие российские ученые, гораздо шире, чем предметная область той дисциплины, которую в странах Запада принято обозначать термином «*Computer science*». Иначе говоря, термин «*Информатика*» в России обозначает сегодня предметную область, которая включает одновременно проблематику «*Computer science*», «*Information science*», «*Computational Science*» и «*Social Information science*», но не только эти науки.

Отметим, что еще 20 лет назад российские ученые рассматривали информатику как формирующуюся новую *фундаментальную науку*, которая будет иметь первостепенное значение не только для всего естествознания, но также и для гуманитарных наук. Этот прогноз был основан на признании фундаментальности понятия информации, которая собственно и является важнейшим объектом изучения информатики как фундаментальной науки, а также на гипотезе, согласно которой информационные закономерности должны иметь общую основу для своего проявления, как в живой, так и в неживой природе, в том числе – и в искусственно созданных человеком технических системах. Автор данной работы является сторонником именно этой точки зрения, которую и отстаивает в своих работах, начиная с 1990 года [2, 5, 8–12].

Объект и предмет изучения в современной информатике. Основным *объектом изучения* для современной информатики являются *информационные процессы*, которые происходят в природе и обществе, а также методы и средства реализации этих процессов в технических, социальных, биологических и физических системах. Никакая другая научная дисциплина изучением данного объекта специально не занимается, хотя отдельные аспекты проявления информационных процессов в тех или иных информационных средах вполне может исследовать, и появившиеся в последние годы научные публикации это достаточно убедительно подтверждают. Поэтому современную информатику следует квалифицировать как вполне самостоятельную *фундаментальную научную дисциплину*.

Предметом изучения для информатики являются основные свойства и закономерности информационных процессов в природе и обществе, особенности их проявления в различных информационных средах (технической, физической, биологической и социальной), методы и средства их реализации, а также использование этих средств и методов в различных сферах социальной практики.

Таким образом, информатика является *комплексной междисциплинарной областью научных исследований*, имеющей исключительно важное практическое значение для дальнейшего развития общества, в особенности, на этапе его перехода к глобальному информационному обществу, основанному на знаниях.

Социальная информатика. Выделение социальной информатики в качестве самостоятельного направления научных исследований, а не только прикладной области, было сделано российскими учеными еще в начале 90-х годов минувшего века [9]. Сегодня можно констатировать, что этот шаг был сделан своевременно, так как он позволил более системно и целенаправленно вести работы по данному научному направлению. В результате этих работ Россия занимает сегодня ведущее место в мире в части создания теоретических основ социальной информатики, структуризации ее предметной области и формирования системы основных научных понятий. Впервые это направление было представлено международному сообществу в 1996 г. на 2-м Международном конгрессе ЮНЕСКО «Образование и информатика», который стал крупным событием в развитии не только образования, но и самой информатики [4,5].

Биологическая информатика. Не менее важным шагом явилось и выделение в России в качестве самостоятельного направления *биологической информатики*, как новой научной дисциплины, предметом исследования которой являются информационные процессы в биологических системах, живых организмах и растениях. Сегодня становится все более ясным, что влияние информационных процессов на развитие живой природы ранее явно недооценивалось. В последние годы появился ряд публикаций об экспериментах, свидетельствующих, что здесь мы имеем дело с новыми, еще не изученными явлениями информационного взаимодействия, которые происходят в процессе функционирования и развития объектов живой природы. Можно прогнозировать, что изучение этих явлений методами информатики позволит не только раскрыть новые фундаментальные закономерности реального мира, но и, возможно, использовать их при создании новых средств технической информатики [12].

Физическая информатика и информационные закономерности развития неживой природы. В последнее десятилетие в России опубликованы работы, в которых показана актуальность и необходимость существенно более глубокого и целенаправленного изучения информационных процессов в неживой природе. В настоящее время это направление активно развивается и получило название *физической информатики* [12,14,15].

5. Перспективные направления развития информатики

Комплексный характер проблем информатики. Необходимость комплексного исследования проблем информатики не только в рамках академического сектора науки, но также и в системе образования, достаточно подробно рассмотрена в работах [2-5,7-12]. Главный вывод, который можно сделать из анализа содержания этих работ, заключается в том, что *наступает новый период развития информатики как междисциплинарного научного направления*, которое будет выполнять интеграционные функции для других направлений науки, как естественнонаучных, так и гуманитарных. Проникновение идей и методов информатики в эти области диктуется сегодня потребностями и логикой развития самой фундаментальной науки, а также необходимостью решения ряда важных прикладных проблем. Следует ожидать, что это проникновение не только даст новый импульс для развития научных исследований на стыке информатики с другими науками, но также обогатит и саму информатику новыми перспективными идеями.

Указанная выше тенденция стала особенно заметно проявлять себя в России в последние годы, когда в научной печати был опубликован целый ряд статей и монографий, содержание которых свидетельствует о том, что идеи и методы фундаментальной информатики находят сегодня все большее распространение в теории систем, синергетике, общей физике, квантовой механике, теоретической биологии, физиологии, генетике, социологии и других научных дисциплинах.

Многообразие подходов к определению предмета и основных задач информатики как науки в настоящее время является вполне закономерным. В значительной степени оно обусловлено многообразием современных представлений об *информации*, которая является фундаментальным понятием современной науки, но до сих пор еще не имеет однозначного определения. Причина этого заключается в том, что феномен информации по-разному проявляет себя в различных *информационных средах*, т.е. в тех конкретных условиях, в которых протекают информационные процессы, закономерности и методы реализации которых и изучает информатика как фундаментальная наука. Поэтому в различных направлениях развития информатики (техническом, биологическом, социальном, физическом) анализируются лишь вполне определенные аспекты проявления феномена информации и информационных процессов, которые обусловлены тем или иным видом информационной среды [2,12].

Таким образом, именно фундаментальность понятия информации и ключевая роль информационных процессов в развитии живой и неживой природы и являются теми основными факторами, которые выдвигают информатику на уровень фундаментальных наук и ставят ее в один ряд с такими науками, как общая теория систем, синергетика, кибернетика, физика, химия, биология.

Научная методология информатики. Информатика уже сегодня имеет свои собственные методы научного исследования, наиболее распространенными из которых являются *метод информационного моделирования* и *метод информационного подхода*. Эти методы широко используются не только в самой информатике, но также и во многих других областях науки, они уже давно стали междисциплинарными. Развитие этих методов является сегодня одной из важнейших методологических проблем развития информатики.

Менее широко известен сегодня, но является весьма перспективным в ближайшем будущем, такой сравнительно новый метод информатики, как *виртуальная реальность*. Есть веские основания полагать, что использование этого метода может позволить получать принципиально новые знания о природе и свойствах челове-

ской психики, а также о процессах мышления и сознания человека, т.е. существенным образом продвинуться в решении тех фундаментальных проблем, над которыми наука работает уже многие годы. Практика показала, что использование методов информатики позволяет не только получать принципиально новые фундаментальные знания о природе, человеке и обществе, но также и формировать новую научную Картину Мира, новое научное мировоззрение и новую информационную культуру человека и общества.

Междисциплинарное взаимодействие. Можно ожидать, что в ближайшие десятилетия информатика будет активно развиваться в тесном взаимодействии с другими научными дисциплинами и в дальнейшем сможет квалифицироваться как *самостоятельная отрасль науки*, имеющая такое же значение, как физика, химия, биология, психология и другие. При этом необходимо подчеркнуть, что информатика сочетает в себе как естественнонаучные, так и гуманитарные аспекты. Поэтому именно в области междисциплинарных исследований на стыках информатики с другими науками и следует ожидать принципиально новых научных результатов. Покажем это на нескольких конкретных примерах.

Философия информации и философские основы информатики. Развитие здесь сегодня осуществляется по двум основным направлениям. Одно из них состоит в формировании *философии информации*, как одного из самостоятельных направлений развития философии. Это направление сегодня развивают некоторые специалисты из Китая, Великобритании и США, хотя его основоположником является российский философ А.Д. Урсул [18]. Второе направление заключается в изучении философских проблем информатики и ее роли в развитии других наук и формировании нового научного мировоззрения [12]. Можно предположить, что в дальнейшем произойдет интеграция этих двух направлений и на их основе будет сформирована новая научная дисциплина – *метаинформатика*. Эта дисциплина должна будет вобрать в себя наиболее общие концептуальные результаты указанных выше двух направлений и стать основой для формирования новой научной парадигмы, основанной на более тесной интеграции естественного и гуманитарного направлений в науке с целью получения целостного знания о природе, человеке и обществе.

Перспективы развития технической информатики. Здесь в ближайшие годы следует ожидать прорывных результатов на основе *интеграции информационных и нанотехнологий*. Будет происходить дальнейшая микроминиатюризация средств информатики массового применения, что кардинальным образом изменит весь наш образ жизни и сделает его более комфортным как за счет развития персональных средств ИКТ, о так и за счет создания интеллектуальных предметов быта и профессиональной деятельности. При этом новый импульс развития должна получить *мехатроника* – новая техническая наука, изучающая методы создания и функционирования автономных сверхминиатюрных устройств и роботов.

Качественно новые и социально значимые результаты следует ожидать и от развития промышленного производства *гибких биологических экранов* отображения информации. Их применение в сфере образования позволит использовать новые педагогические технологии, ориентированные на более активную работу правого полушария головного мозга человека, ответственного за пространственное воображение и образное мышление.

Развитие социальной информатики. Здесь уже сегодня разворачиваются исследования в области *информационной культурологии, информационной антропологии* и создания *информационной концепции искусства и творчества* [13,16,17]. Хуже обстоит дело с разработкой научной теории развития информационного общества, основанного на знаниях, теории информационных ресурсов, информационной экономики и гуманитарных проблем информационной безопасности, включая проблемы виртуализации общества.

Развитие биоинформатики. Биоинформатика находится на «стыке» физико-математических, биологических, медицинских и сельскохозяйственных наук. Она охватывает широкий круг сложных и актуальных проблем и поэтому справедливо рассматривается как одно из важнейших направлений развития науки в 21-м веке. В настоящей работе хотелось бы подчеркнуть лишь научно-методологические и философские аспекты развития данного направления, его тесную связь с научной методологией и философскими принципами информатики, а также значение для формирования современного научного мировоззрения на основе понимания важнейшего философского принципа *информационного единства Природы*. Некоторые перспективы развития этого направления более подробно рассмотрены в монографии [12].

Развитие физической информатики. В данной области следует ожидать ряд принципиально новых и важных теоретических и практических результатов. Одним из них будет формирование *квантовой информатики* – новой научной дисциплины, изучающей закономерности информационных процессов на квантовом уровне. Философское значение этой дисциплины трудно переоценить. Ведь появление такого, принципиально нового направления развития науки и практики означает, что человек приступил к овладению информацией на качественно новом уровне самоорганизации материи, а именно – на квантовом уровне, который является первоосновой для других уровней существования систем естественной и искусственной природы. Этот результат должен квалифицироваться не только как новый прорыв в развитии научно-технического прогресса, но также и как начало перехода всей цивилизации на качественно новый уровень своего развития [12].

Информатика в системе образования. Практически во всех современных энциклопедических словарях информатика определяется как комплексное междисциплинарное научное направление. Она оказывает большое влияние на многие другие области научных исследований, передавая им свою научную методологию, главными достижения которой сегодня следует считать методологию информационного моделирования, а также информационный подход к анализу различных объектов, процессов и явлений в природе и обществе. Именно поэтому изучение информатики как фундаментальной науки в системе образования имеет исключительно большое значение для формирования современного научного мировоззрения [10].

К сожалению, следует констатировать, что такой подход к изучению информатики, хотя и продекларирован в документах ЮНЕСКО, в трудах Российской академии наук, а также в проектах новых государственных образовательных стандартов России, практически еще очень медленно внедряется в систему образования. Причина здесь не только в отсутствии хороших учебников по информатике для высшей и средней школы, но, главным образом, в консервативности мышления чиновников, работающих в сфере образования России. Они и сегодня продолжают считать информатику технической дисциплиной о компьютерных технологиях и телекоммуникационных системах.

В настоящее время опубликовано значительное количество работ, где отмечается, что осмысление определяющей роли информации в эволюционных процессах природы и общества открывает совершенно новую, информационную Картину Мира, которая существенным образом отличается от традиционной вещественно-энергетической Картины мироздания, доминировавшей в науке еще со времен Декарта и Ньютона до конца XX-го века. Можно ожидать, что формирование такой новой Картины Мира будет осуществлено в науке в ближайшие десятилетия. Это должно стать основой формирования *новой научной парадигмы*, в которой информационным аспектам будет отведена существенно более важная роль по сравнению с тем, как это имеет место в настоящее время. Эта парадигма должна привести и к формированию новой парадигмы самой информатики, философские основы которой, конечно же, должны изучаться и в системе образования, и в системе подготовки научных кадров.

Заключение

За последние годы информатика как наука прошла целый ряд этапов своего эволюционного развития. Сегодня она изучает не только информационные процессы и технологии в технических системах, но также *основные закономерности и методы реализации информационных процессов в природе и обществе*. Активно идет процесс формирования информатики как комплексного междисциплинарного научного направления. Можно ожидать, что в ближайшие десятилетия этот процесс получит свое дальнейшее развитие, и в будущем информатика будет квалифицироваться как *самостоятельная отрасль науки*, такая же, как математика, физика, химия, биология и другие.

Развитие этого направления дает надежду на то, что уже в ближайшие годы будут созданы принципиально новые эффективные технологии, которые позволят решить многие глобальные проблемы развития современного общества. Кроме того, именно информатика станет научной базой для формирования на нашей планете принципиально нового сообщества людей – *информационной цивилизации*.

Существует также мнение, что информатика, как междисциплинарное направление, может стать основой для более тесной *интеграции естественных и гуманитарных наук*, что позволит сформировать более целостное научное знание о природе, человеке и обществе. Выявление фундаментальных информационных законов и закономерностей природы и более полное овладение информацией на их основе открывает перед человеком поистине безграничные возможности. Именно поэтому изучение фундаментальных основ информатики, в том числе, ее истории и философских проблем, является сегодня крайне необходимым не только для научных работников, но и для каждого образованного человека.

Список литературы

1. *Колин К.К.* Будущее информатики в 21 веке: российский ответ на американский вызов. // Открытое образование, № 2(55), 2006. - С. 73-77.
2. *Колин К.К.* Становление информатики как фундаментальной науки и комплексной научной проблемы. Сб. н. тр. // Системы и средства информатики. Спец. вып. Научно-методологические проблемы информатики. – М.: ИПИ РАН, 2006. – С.7-57.
3. *Еришов А.П.* Информатика: предмет и понятие. В кн. Кибернетика. Становление информатики. – М.: Наука, 1986. – С. 28-31.
4. Политика в сфере образования и новые информационные технологии. Национальный доклад России. 2-й Международный конгресс ЮНЕСКО «Образование и информатика» (Москва, 1996). – М.: ИИТО ЮНЕСКО, 1997.
5. *Колин К.К.* Информатика в системе опережающего образования. Доклад на 2-м Международном конгрессе ЮНЕСКО «Образование и информатика». // Вестник Российского общества информатики и вычислительной техники, 1996, №
6. *Колин К.К.* Социальная информатика: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект, 2003. – 432 с.
7. *Колин К.К.* Феномен информации и философские основы информатики. // «Alma mater» (Вестник высшей школы), № 11, 2004. - С. 33-38.
8. *Колин К.К.* Эволюция информатики. // Информационные технологии, № 1, 2005. – С. 2-16.
9. *Колин К.К.* О структуре научных исследований по комплексной проблеме «Информатика». Сб. н. тр. «Социальная информатика». – М.: ВКШ при ЦК ВЛКСМ, 1990. – С. 19-33.
10. *Колин К.К.* Фундаментальные проблемы информатики. Сб. н. тр. «Системы и средства информатики». Вып. 7. – М.: Наука, 1995. – С. 5-20.
11. *Колин К.К.* О структуре и содержании образовательной области «Информатика». // Информатика и образование, № 10, 2000. – С. 5-10.
12. *Колин К.К.* Философские проблемы информатики. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 264 с.
13. *Колин К.К., Урсул А.Д.* Информационная культурология: предмет и задачи нового научного направления. – Saarbrücken, Germany. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 249 pp.
14. *Гуревич И.М.* Законы информатики - основа строения и познания сложных систем. – М.: РИФ «Антиква», 2003. – 176с.

15. Гуревич И.М. Информационные характеристики физических систем.—М, 2010.—260с.
16. Колин К.К. Информационная антропология – наука для будущего: предмет и задачи нового научного направления. – М., 2011 (в печати).
17. Колин К.К. Человек и гармония: информационная концепция теории искусства и творчества. //Пространство и время, 2011 (в печати).
18. Урсул А.Д. Природа информации. Философский очерк. – М.: Политиздат, 1968. - 288 с.
19. Колин К. К., Бузык С.В. Об основных направлениях деятельности Научно-образовательного центра по комплексной проблеме «Информационное общество» в вузе культуры и искусств //Вестник КемГУКИ, 2010. – №13.– С. 6-9.
20. Международный форум информатизации МФИ-93. Конгресс № 2 Информационные процессы и технологии (тезисы пленарных докладов). – М.: 1993. – 47 с.

История информатики в трудах академика А.П. Ершова (Опыт историографии)

Крайнева И.А.
Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН
Новосибирск
cora@iis.nsk.su

Academician A. Ershov and the History of Informatics (The Historiography Experience)

Krayneva I.
A.P. Ershov Institute of Informatics Systems SB RAS

Abstract. Academician A. Ershov (April 19, 1931 – December 8, 1988), the soviet mathematician and programmer, belongs to the generation of first Russian programmers. He is the creator of the Siberian School of Programming. Upon graduating from the Moscow State University in 1954 he moved to Siberia, where Akademgorodok, the new scientific center, was being built. His substantial contribution to the establishment of informatics as a new branch of science and a new social phenomenon is universally acknowledged, both nationally and worldwide. Andrei Ershov paid a lot of attention to international scientific collaboration. He was a member of the IFIP Algol Working Group from the day of its creation in 1962. In 1974 Ershov was awarded the title of a Distinguished Fellow of the British Computer Society along with C. Strachey, E. Dijkstra, H. Hopper, and others. In 1980 he was given an IFIP Silver Core for organizing IFIP Congresses. He was the first chronicler of the history of informatics in the USSA.

Key words: Academician Andrei Ershov, the history of informatics in the USSA, computing science in the USSR, Siberian School of Programming.

Historia magistra vitae, lux veritatis...

История науки часто пишется профильными специалистами. Информатика не исключение в этом отношении: первыми летописцами были сами ее творцы, и эта ситуация до сих пор мало изменилась ввиду сложности и многообразности самого предмета исследования. В потоке публикаций по истории информатики можно отметить четыре традиции, локализованные по месту нахождения ведущих школ отечественной информатики: киевскую, московскую, Санкт-Петербургскую и Новосибирскую. Не останавливаясь подробно на характеристике этих традиций, отметим, что в числе плодотворных исследований по истории информатики всем хорошо известны проекты Б.Н. Малиновского, Я.И. Фета, Э.М. Пройдакова и Р.М. Юсупова и др. Но прежде чем мы перейдем к анализу вклада, сделанного А.П. Ершовым в историю информатики, мы должны понять смысл, который он вкладывал в понятие информатики как предмета.

В широком обиходе новосибирских программистов термин информатика появился в 1971 г., когда было создано отделение информатики ВЦ СО АН СССР. В первой половине 1970-х гг. сотрудником отделения В.К. Сабельфельдом был выполнен перевод с немецкого книги Ф. Бауэра и Г. Гооза "Informatik" (1974 г.). Книга была издана в 1976 г. Нам представляется, что данная книга была выбрана не случайно. Как следует из предисловия, по мнению редактора перевода, название книги «Информатика» (а не «Введение в программирование»), свидетельствовало о поддержке «стремления авторов внедрить в сознание читателей получающий все большее распространение термин, который объединяет самые разные стороны программирования и использования ЭВМ, а также методов их конструирования и разработки программного обеспечения» [1]. Широкий смысл, междисциплинарный характер науки, которая описывалась в учебнике, был ясен из содержания. Он включал «описание связи информатики с техникой связи и с физиологией восприятия, с психологией и нейробиологией», затрагивались теория кодирования и теория информации, основные понятия программирования, дан обзор функциональной структуры вычислительных машин и т.п. [2]. Приложение содержало очерк истории информатики, показаны глубокие истоки современной информатики, которая началась тогда, «когда впервые попытались механизировать так называемую умственную деятельность» [3].

Несомненно, данная книга оказала заметное влияние на представление А.П. Ершова об информатике, которое он впоследствии изложил в нескольких работах [4]. Он понимал информатику как социально-исторический феномен, философски обосновывал связь информатики с теорией информации не только в математическом, но и в социальном смысле. В середине 1980-х гг., когда А.П. Ершов стал главным идеологом образовательной информатики, он писал в «Учительской газете»: «Информатика – это наука о законах и методах накопления и обработки информации. В широком смысле информация – это знание, которое мы получаем, читая текст или воспринимая некоторый образ... Читая книгу, разглядывая фотографию, мы запоминаем и накапливаем информацию. Пишем ли мы письмо, разговариваем по телефону – мы передаем информацию адресату или собеседнику. Наконец, решая задачу, мы всегда обрабатываем информацию: известное знание – условие задачи – превращаем в новое знание – ее решение. Или достигая поставленной цели, переходим от слова к делу,

воплощая знание в действие» [5]. Таково его понимание информатики.

Но исторический подход А.П. Ершова к своей научной деятельности сложился довольно рано. На первых порах (в дневниках 1950-х гг.) он описывал историю программирования, его статьи носили соответствующее название. Как относящиеся к истории информатики его работы мы рассматриваем теперь, с высоты нашего сегодняшнего представления об информатике, которое, в свою очередь, сложилось, опять-таки, под влиянием А.П. Ершова, его понимания происходящих процессов. Многие материалы были опубликованы при жизни Андрея Петровича, некоторые стали доступны благодаря созданию Электронного архива академика А.П. Ершова в интернете (<http://ershov.iis.nsk.su>). Архив охватывает период с середины 40-х и до конца 90-х годов прошлого века, поскольку последние дополнения относятся уже к периоду существования Института систем информатики СО РАН.

Сам архив является уникальным собранием свидетельств о развитии информатики в СССР. Об этом написано много и подробно [6]. В данном докладе хотелось бы обратить внимание историков науки на некоторые документы, рукописи и публикации Андрея Петровича, в которых та или иная область информатики, конкретного проекта или события рассматривается в историческом аспекте. Этот аспект представлен в таких нарративах [7], как дневники и дневниковые записи, интервью, юбилейные скетчи, а также биографии, статьи и доклады; научные отчеты о проектах и командировках, исторические записки, аналитические материалы.

В архиве А.П. Ершова встречается два типа дневников: к первому типу отнесем дневник заведующего отделом, в котором он записывал результаты собеседования с сотрудниками отдела программирования Института математики СО АН СССР, и личный дневник. Личный дневник А.П. Ершова начинается с коротких описаний событий 1953–1957 года, видимо, сделанных позже по памяти. С 1958 года записи велись подробнее: по месяцам и по дням. Обрывается целостное повествование в сентябре 1964 года. Некоторые эпизоды описаны подробно, другие вскользь: работа над статьями, первые встречи с иностранными учеными, первые защиты программистов, обсуждение будущего Сибирского научного центра, решение кадровых вопросов и многое другое.

Второй тип дневника – это записи впечатлений во время различных поездок (как правило, зарубежных), где можно встретить довольно тонкие наблюдения о поведении людей, их профессиональных навыках: пример, «впечатления (во время поездки в США в 1970 г.) от знакомства с обзорами по советской кибернетике: тщательность подготовки, интересная форма и аналитичность комментариев с типичной американской склонностью к драматизации в подаче материала» [8]. Очевидно, речь шла о гонениях на кибернетику в к.1940-х – н.1950-х годов. Острота гонений представляется преувеличенной и сегодня.

Видимо, самой ранней работой, в которой зафиксированы наиболее интересные сложные, а порой драматические моменты в жизни новосибирских программистов, стала статья «Альфа-рождение» для газеты «Наука в Сибири». Андрей Петрович с чувством гордости подводил итог пятилетней упорной работы, с удовлетворением, а порой и с облегчением писал о решении проблем, возникших в ходе выполнения проекта: «Новый 1963 год ознаменовался кризисом, который грозился свести на нет всю нашу работу: самый главный блок транслятора – программирование выражений – разрабатываемый Г.И. Кожухиным, не влез в память машины. Короткий период шока сменился взлетом творческой активности, и ценою четырехмесячной задержки удалось разбить этот блок на два, работающих друг за другом» [9].

Биографические очерки о ближайших соратниках Г.И. Кожухине, Г.А. Звенигородском, о коллегах по цеху С.С. Камынине, Г.И. Марчуке, Э.В. Дейкстре, статьи, подготовленные по случаю юбилеев А.А. Берса, Ю.А. Первина, А.А. Ляпунова и др. – эти работы раскрывают не только образы людей из круга первых программистов, но и направления научных поисков того периода. Прочитав очерк о Дейкстре, Ю.И. Манин написал Андрею Петровичу: «...от этого текста веет духом естественных и добрых чувств. ...Я со стыдом вспоминаю собственное мое молчаливое участие в заседании редакции Успехов МН, где неоднократно обсуждались «проблемы», связанные с отсутствием разрешения публиковать юбилейные статьи в честь такого-то и такого-то, с вопросом, можно ли назвать NN выдающимся, когда как ММ был назван замечательным и прочей злой бессмыслицей» [10].

Андрей Петрович живо интересовался историей науки, к слову, не только программирования: он записал интервью с экономистом академиком А.Г. Аганбегяном. Записал воспоминания польского программиста В. М. Турского. В дневнике А.П. Ершова за 1963 год неоднократно упоминаются его занятия историей своего отдела, но никаких отдельных рукописей, кроме самого дневника, к сожалению, не обнаружено. Он старался зафиксировать самые ранние свидетельства о становлении информатики в СССР. Возглас восхищения вызвало у нас с Натальей Ариановной Черемных, координатором проекта «Электронный архив А.П. Ершова», обнаружение при разборе архива интервью с председателем СО АН СССР академиком М.А. Лаврентьевым. Михаил Алексеевич рассказывал о первых днях борьбы за вычислительную технику, о соперничестве АН СССР и Минприбора [11]. Записанное в 1967 году, интервью впервые попало к нам в руки в 2002! Как было в последствие установлено, лишь небольшой его фрагмент в свое время вошел в работу А.П. Ершова и М.Р. Шура-Буры «Становление программирования в СССР».

Итоговые, предварительные и промежуточные отчеты по научно-техническим проектам отражают научную, производственную и научно-организационную сторону деятельности возглавляемых А.П. Ершовым коллективов. Так, с периодичностью примерно два раза в месяц проводились БЕТА-семинары, где вырабатывалась стратегия и тактика проекта БЕТА (создание многоязыковой системы программирования), принимались организационные решения. А.А. Берс предложил записывать на магнитофон дискуссии на БЕТА-семинарах, затем транскрибировать их участниками по очереди. Полный список внутренней и отчетной документации это-

го проекта включает свыше 30 томов. В его рабочих документах конца 1972 года впервые появились ссылки на работу Ф.П. Брукса «Мифический человек-месяц» [12], книги изданной у нас только в 1979 году.

Научные отчеты о зарубежных командировках А.П. Ершова (их более 40) и его научных контактах неоднократно публиковались как в научных журналах, так и отдельными брошюрами. Один из первых таких отчетов «Автоматизация программирования в США», составлен на основе материалов, полученных академиком А.А. Дородницыным в поездке по США и в результате ответного визита ряда американских ученых в СССР [13]. На основе американского опыта было сделано предложение консолидации пользователей ЭВМ, т.е. создать общество, аналогичного АСМ со своим журналом, конференциями и библиотекой. В дальнейшей деятельности на посту заведующего отделом программирования ВЦ СО АН СССР, мы знаем, что Ершов много сил отдавал консолидации сообщества программистов, и все три позиции он поддерживал и развивал в меру своих сил. Из отчета следует, также, что, видимо, ассоциация пользователей ЭВМ «Стрела» была первой в СССР организацией такого рода.

Основательный отчет в 300 страниц подготовлен А.П. Ершовым после поездки в США в 1965 году, он издан отдельной книгой. Андрей Петрович писал: «Любой отчет о поездке в США неизбежно превращается в сопоставление дел в этой стране с уровнем СССР. [...] Однако не надо забывать, что дух соревнования ведом не только нам. [...] Для автора было большим удивлением узнать, что процент советской научной литературы, переводимой на английский язык, стал за последние годы выше процента американской и английской литературы, переводимой на русский язык» [14].

Уже в ранних работах А.П. Ершов всегда касался предыстории вопроса, которому посвящено исследование. В своей первой монографии «Программирующая программа для БЭСМ» [15] он коротко описал вклад всех участников проекта в разработку, сослался на зарубежный и отечественный опыт, который был тогда еще невелик. Работы Вычислительного центра АН СССР в области автоматизации программирования освещены в одноименном докладе на Теддингтонском международном симпозиуме по механизации процессов мышления (Лондон, 17 ноября, 1958) [16]. Во введении к своей диссертации «О некоторых вопросах теории программирования и конструирования трансляторов» (1966), представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, он посвятил целый параграф, назвав его «Очерк развития идей» [17]. Он отдал должное ставшим классическими работам Дж. фон Неймана и Г. Голдстейна, М. Уилкса, Д. Уиллера и С. Гилла, Дж. Бэкуса, Дж. Маккарти, а также многим отечественным ученым, заложившим основы советской школы программирования: А.А. Ляпунову, Ю.И. Янову, М.Р. Шура-Буре, Л.В. Канторовичу, Е.А. Жоголеву, С.С. Лаврову и многим другим.

В 1967 г. совместно с В.Н. Редько, М.Р. Шура-Бурой и Е.Л. Ющенко написана статья «Алгоритмические языки и программирование» для «Истории отечественной математики». Возможно, это первый обобщающего характера труд в нашей стране, в котором рассмотрены основные проблемы теории и практики программирования и вклад отечественных ученых. От этой работы А.П. Ершов отталкивался в своих дальнейших статьях по истории программирования и вычислительного дела в СССР, в продолжение данной темы в 1976 г. он совместно с С.Б. Покровским подготовил доклад «Эволюция языков программирования» для Второй всесоюзной конференции по исследованию операций в Петрозаводске. Авторы включили в него раздел истории, в котором дали «не столько фактографию, сколько эволюцию точек зрения на роль языка в процессе программирования, а также критерии оценки и принципы разработки языков программирования» [18]. Они рассмотрели изменения самого понимания программирования в исторической ретроспективе. В статье изложены также подходы авторов к понятийному аппарату программирования, даны определения таких понятий, как язык программирования, программа, область приложения ЯП и т.п.

С 1972 года велись переговоры об участии А.П. Ершова в XXXI-й Дибольдовской конференции, о чем свидетельствовала активная переписка с Генри Шервудом, вице-президентом компании Diebold Europe. Перебрав различные варианты возможного выступления, А.П. Ершов решил «дать внутренний взгляд на развитие вычислительного дела в СССР». В апреле 1974 года Андрей Петрович подготовил план доклада «Развитие вычислительного дела в СССР». Работа продвигалась успешно, в начале июня был готов ее перевод на английский язык. Конференция состоялась 9-18 июня 1974 года в Риме. Как часто случалось, А.П. Ершов был единственным представителем своей страны на этой конференции, его доклад имел успех. Он был прочтен не только на самой конференции, но и в штаб-квартире компании Оливетти. Кроме того, его заслушали через год, в августе, на заседании Комиссии по вычислительной технике АН Баварии, он был переведен на польский язык [19].

Доклад «Развитие вычислительного дела в СССР» состоял из двух частей: в первой части А.П. Ершов сделал исторический обзор развития вычислительной техники, программного обеспечения, применения ЭВМ, профессиональной подготовки программистов, дал периодизацию истории развития ЭВМ в нашей стране. Во второй части он остановился на текущем состоянии дел, подробно рассказал о некоторых государственных программах в области вычислительной техники, состоянии машинного парка, ПО, ОС и т.д. Он особо подчеркнул, что «некоторое время Советский Союз должен был развивать все аспекты вычислительного дела, опираясь исключительно на свои собственные интеллектуальные и технологические ресурсы» [20].

В одном обзоре развития советской вычислительной техники американские специалисты Н. Дэвис и С. Гудман полемизировали с этим утверждением [21]. Аналитики увидели в нем натяжку, поскольку, по их мнению, в области языков программирования высокого уровня сам А.П. Ершов всегда опирался на новейшие разработки западных коллег. Можно предположить, что таким образом он отдавал дань патристически настроенным оппонентам. На наш взгляд более важным для понимания процесса развития информатики в СССР является другой тезис А.П. Ершова: «Общественная система в СССР оказывает непосредственное и определяющее влияние на способы развития и использования вычислительных средств» [22].

В мае 1974 года, в момент подготовки доклада для конференции в Риме, А.П. Ершов получил письмо из Лос-Аламосской научной лаборатории Калифорнийского университета с предложением принять участие в международной конференции по истории вычислительного дела, проведение которой намечалось на июнь 1975 года. Андрея Петровича заинтересовало это предложение, и он дал предварительное согласие на участие в конференции. Для окончательного согласия ему требовалось одобрение Большой академии, и в сентябре 1974 года А. П. Ершов написал Президенту АН СССР академику М.В. Келдышу. Он говорил, что, по его мнению, «начальный период становления и развития советской электронной техники (1948-1958) как в области структур ЭВМ, так и, и в особенности, в области программирования, содержит много серьезных и оригинальных научных достижений, которые могут и должны быть предметом серьезного историко-научного исследования» [23]. Очевидно, «добро» было получено, и авторы приступили к работе. Временной промежуток «Становления» охватывал период с послевоенного до начала 1960-х гг.

В одном из телефонных разговоров с М.Р. Шура-Бурой автор доклада задала вопрос о работе над «Становлением». Он рассмеялся и сказал, что Андрей Петрович практически сам написал книгу, а он играл роль авторитетного прикрытия. Эта публикация, видимо, вызвала неоднозначную реакцию среди коллег в СССР. Ершов скупно заметил в письме Н. Метрополису, редактору англоязычного издания трудов конференции: «Опубликовав свои изыскания (по истории программирования) в журнале "Кибернетика" я пережил бурю» [24]. Что же могло вызвать критические оценки «Становления программирования»? В разделе «Предыстория» (1948–1949 гг.) авторы впервые откровенно констатировали: «Идея программно-управляемой автоматической цифровой вычислительной машины пришла в СССР из США в 1947 г.» [25]. Далее: «... в Киеве директор Института электротехники АН Украины С.А. Лебедев начал инициативные исследования по созданию электронно-вычислительных машин. Его начальные идеи лежали в русле, проложенном разработкой ЭНИАКа» [26]. Не бесспорным для некоторых читателей «Становления», возможно, были и выводы, к которым пришли авторы. Первый момент – оценка вклада в мировую науку: «...влияние на общее развитие оказали лишь работы Ю.И. Янова, приведшие к созданию теории схем программ, и может быть, какие-нибудь работы по оптимизации трансляции» [27]. Второй момент. Был составлен и опубликован список «Базисные термины программирования». Из 135 терминов этого списка 79 были классифицированы как заимствованные (появились в переводной работе), 57 – как оригинальные [28]. В целом авторы оценили положительно начальный этап развития программирования в СССР, хотя он был не свободен от недостатков и проблем. Но здесь мы отсылаем нашего читателя к оригиналу.

Несмотря на то, что конференция была перенесена на лето 1976 года, ни А.П. Ершов, ни М.Р. Шура-Бура не смогли поехать в Лос Аламос. Один по семейным обстоятельствам, другой – по причине особого режима работы. «Становление программирования в СССР» издавалось неоднократно и за рубежом, и в СССР: в виде двух препринтов ВЦ СО АН СССР в 1976 году и в сокращенном варианте в журнале «Кибернетика». В 1980 г. работа А.П. Ершова и Шура-Буры, вышла под одной обложкой вместе с историческими эссе Дж. Бэкуса, Д. Кнута, Э. Дейкстры, Х. Земанека и др. [29]. 1976 году состоялась длительная поездка А.П. Ершова в Великобританию, где ему были вручены атрибуты звания Выдающегося члена Британского вычислительного общества. Там он прочел цикл из четырех лекций, две из которых – «Краткий очерк по истории вычислительного дела в СССР» и «Первые советские компьютеры» – были подготовлены на основе вышеописанных материалов [30].

«Дать исторический обзор основных подходов к формализации понятия программы и показать, как эти формализмы используются для получения конкретных результатов», – так сформулирована цель совместной с А.А. Ляпуновым статьи «О формализации понятия программ» [31]. Авторы отметили существенный вклад в создание теории программирования, внесенный советскими математиками Л.А. Калужниным, В.С. Королуком, Е.Л. Ющенко, Ю.И. Яновым, Н.А. Криничкиным, Р.И. Подловченко, В.В. Мартынюком, С.С. Лавровым, В.С. Штаркманом, В.Э. Иткиным и др. Важно замечание, сделанное в преамбуле статьи о том месте, которое занимало теоретическое программирование в системе математических наук: «из классических разделов математики программирование наиболее тесно... смыкается с теорией алгоритмов. Рабочим аппаратом ТП является также математическая логика и теория графов. В программировании возникает множество комбинаторных проблем... Некоторые задачи в программировании имеют отношение к таким разделам алгебры как теория структур, категорий и подгрупп. Устанавливаются тесные связи программирования с теорией автоматов и математической лингвистикой. Теория программирования – это типичный пример синтетической науки со всеми преимуществами и трудностями такого положения» [32].

Дальнейшее развитие эта тема получила в выступлении А.П. Ершова на Конгрессе IFIP-1971. Свой доклад «Теория схем программ» А.П. Ершов посвятил вопросам эквивалентности и формальных преобразований схем программ. Именно построение полной теории схем программ А.П. Ершов считал в тот момент фундаментальной проблемой программирования. Андрей Петрович высказал убеждение, что «решение фундаментальной проблемы обеспечит интеграцию большого числа существующих, но разрозненных методов реализации языков

программирования и трансляторов» [33]. Его ученики В.Е. Котов и В.К. Сабельфельд, которые уже тогда получили важный научный результат в области асинхронного программирования, продолжили исследования по теории схем программ в 1970–1980-е гг. Доклад А.П. Ершова «Теория схем программ» был издан в сборнике лучших работ в области вычислительных наук за 1971 год [34]. И, хотя В.Е. Котов написал в 2006 году, что «теория схем программ ушла, т.к. она не способна отразить всего многообразия сложности современного программирования как на системном уровне, так и в приложениях» [35], в свое время поиск фундаментальных сущностей программирования занимал лучшие умы computer science.

Редкий симбиоз конкретной науки и исторического контекста произошел в Ургенче. В сентябре 1979 года здесь был проведен Международный симпозиум «Алгоритмы в современной математике и ее приложениях». Это деяние Ершова – организатора мы посчитали возможным отнести к его вкладу и в историю науки. Доклады, представленные на симпозиуме, организованном усилиями А.П. Ершова и его сотрудников из отдела программирования ВЦ СО РАН СССР, касались ретроспективы порой такой далекой, насколько позволяла история математики. В.А. Успенский, А.Л. Семенов рассмотрели основные события в теории алгоритмов за последние полвека, Х. Земанек представил двухчасовой доклад о научной биографии Аль-Хорезми, С. Клини поделился воспоминаниями о возникновении понятия рекурсивной функции. В череде научных событий 1970-х годов симпозиум в Ургенче уникален. Состав участников был очень сильным: С. Клини, Ф. Бауэр, Г. Кауфман, А. ван Вейнгаарден, Х. Земанек, Ю.И. Манин, Ю.Л. Ершов, В.М. Глушков (доклад зачитал А.А. Летичевский), В.А. Успенский, Г.С. Цейтин и др. – в работе симпозиума приняли участие 26 советских и 13 зарубежных ученых. К сожалению, из-за организационных неурядиц и отсутствия финансовой поддержки не смогли приехать некоторые американские ученые и вся французская делегация. Иностранный отдел АН СССР в Москве не смог организовать своевременный вылет французской делегации в Ташкент, и она вынуждена была вернуться во Францию. Этот симпозиум – научное паломничество на родину великого Аль-Хорезми, чье имя воплотилось в понятиях «алгоритм» и «алгебра», – вырос из идеи профессора Д. Кнута, подхваченной А.П. Ершовым. Андрей Петрович проделал огромную организационную работу, являясь связующим звеном между АН СССР, АН Узбекской ССР и всеми участниками симпозиума. Ургенчский симпозиум объединил историю науки с ее актуальной проблематикой, здесь с особой силой прозвучал тезис о единстве математики и ее приложений. По мнению австрийского математика и исследователя жизни и творчества Аль-Хорезми Хайнца Земанека, симпозиум «стал ключевым для развития теории алгоритмов, а также послужил стимулом к празднованию в 1983 г. 1200-летия со дня рождения Аль-Хорезми в Хорезме, на его родине» [36].

Не осталась без внимания А.П. Ершова и история информатики в Новосибирском Академгородке. К 25-летию юбилею со дня основания Сибирского отделения АН СССР А.П. Ершов подготовил два очерка по истории информатики в Новосибирском научном центре. Один из очерков носит обзорный характер [37], излагает последовательность событий, научных проектов, создания коллективов программистов в Вычислительном центре СО АН ССР и в Новосибирском филиале Института точной механики и вычислительной техники АН СССР. Главная мысль этого очерка – о международной известности новосибирской научной школы программирования и ее позициях в ряду ведущих в советской вычислительной науке. Эта же мысль, только в другой форме изложена в альтернативном очерке. Он написал о наиболее характерных, важных с его точки зрения событиях в жизни новосибирских программистов, таких как Вторая Всесоюзная конференция по программированию 1970 г., Рабочая конференция IFIP «Создание качественного программного обеспечения» 1977 г. и создание НФ ИТМиВТ АН СССР в 1972 г.

Нельзя сказать, что суждения А.П. Ершова о положении информатики в СССР имели характер только положительных оценок. Можно найти множество его критических замечаний, высказанных на разных уровнях административного аппарата и научных собраний. Квинтэссенцией такого подхода является его выступление на Пленуме Координационного комитета Академии наук СССР по вычислительной технике 19 марта 1979 года. Организация и деятельность этого комитета являлась попыткой АН СССР восстановить утраченные лидирующие позиции в развитии вычислительной техники и ее математического обеспечения после ряда принятых на государственном уровне решений 1960–1970-х годов. Отметив ряд несомненных достижений АН СССР в становлении и развитии отечественного программирования, А.П. Ершов подверг сокрушительной критике состояние работ по МО в АН СССР, непонимание «содержания и места фундаментальных исследований в вычислительном деле и программировании» [38]. Он привел в своем выступлении сравнительную таблицу положения дел по основным показателям деятельности научных подразделений АН СССР в области информатики, из которой следовало наше громадное отставание от передовых стран мира [39].

Завершает данный обзор работ академика А.П. Ершова в области истории информатики его доклад на Международном коллоквиуме по смешанным вычислениям, который состоялся в Дании в октябре 1987 года. Смешанным и частичным вычислениям А.П. Ершов посвятил последние 10 лет своей жизни, это была полная драматизма история его вхождения в эту область, восторг первооткрывателя и разочарование от упущенных возможностей, обусловленных разными обстоятельствами. Как установил Андрей Петрович в процессе изучения литературы и личного общения, у идеи смешанных вычислений были предшественники: Л.А. Ломбарди, Й. Футамура, В.Ф. Турчин, ряд других исследователей. Но именно А.П. Ершов интегрировал разрозненные знания, придал им законченный вид. Его публикации по смешанным вычислениям в ряде отечественных и зарубежных журналов «обратили на себя внимание и сделали ряд главных идей и понятий частичных и смешанных вычислений общим достоянием» [40]. Коллоквиум в Дании, организованный Д. Бьорнером и А.П. Ершовым, привлек представителей многих групп, занимающихся данной проблемой в Западной Европе, СССР, Япо-

нии и США. Был подготовлен также перечень литературы, отражающий многообразие применений идеи смешанных вычислений [41].

Приступая к данному обзору, автор доклада, возможно, слишком обще сформулировал его цель: познакомить историков науки с работами академика А.П. Ершова в области истории информатики. Но из вышесказанного можно также заключить, что информатика в нашей стране не только принадлежит области истории. Из работ А.П. Ершова очевидно, что советские исследователи по многим параметрам шли в русле общемировых тенденций в области теории и практики программирования, их работы внесли пусть скромный, но реальный вклад в мировую науку. На этом мощном фундаменте базируется ныне преподавание информатики в российских вузах и приносит свои плоды. Андрей Петрович Ершов не был профессиональным историком, и, тем не менее, рано осознав свое предназначение, он заложил основы истории информатики, показал ее развитие в соответствующем историческом контексте, выявил основную проблематику истории информатики, заложил ее периодизацию. Исторический подход был присущ многим его специальным работам, что позволяет говорить о его вкладе в историю информатики.

Список литературы

1. Ершов А.П. Предисловие редактора перевода: Ф.Л. Бауэр, Г. Гооз. Информатика: Вводный курс. М.: Мир. 1976. С.5.
2. Ф.Л. Бауэр, Г. Гооз. Информатика. С.8.
3. Ф.Л. Бауэр, Г. Гооз. Информатика. С. 437.
4. Ершов А.П. Школьная информатика. Концепции, состояние, перспективы. Новосибирск, 1979. 51 с. Препр./ АН СССР, Сиб. отд-ние; ВЦ; № 152. Школьная информатика; Вып. I. Совм. с Г.А. Звенигородским, Ю.А. Первиным. Ершов А.П. О предмете информатики// Вестн. АН СССР. 1984. № 2. С. 112–113.
5. Ершов А.П. Что такое информатик? Учительская газета. 1985. 5 мая. № 28, С.2.
6. Крайнева И. А., Черемных Н.А. Научное наследие академика А.П. Ершова //Проблемы культурного наследия в области инженерной деятельности ; под ред. Григоряна Г.Г. М.: Информ-Знание, 2006. Вып.6. С.140-172.
7. Под нарративом мы понимаем историю (рассказ), исторически и культурно обоснованную интерпретации некоторого аспекта мира с позиции некоторой человеческой личности.
8. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=12321&fileid=122430>
9. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=2807&fileid=98904>
10. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=10286&fileid=77610>
11. Ершов А.П. Запись беседы с М.А. Лаврентьевым// Информационный бюллетень Семинара «История информатики в Сибири», Новосибирск, 15 июня 2009 г. Новосибирск. 2009. С.116-118.
12. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=10509&fileid=117680>
13. Автоматизация программирования в США// Методы программирования и решения задач на цифровых вычислительных машинах: Б.м. /Тр. войск. части 06669. 1959. Вып. 36. С. 215–236. (Совм. с В.Д. Поддерюгиным).
14. Ершов А.П. Вычислительное дело в США. Москва, 1966. С. 208.
15. Ершов А.П. Программирующая программа для быстродействующей электронной счетной машины. Москва. 1958.115 с.
16. Ershov A. The Works of the Computing Center of the Academy of Sciences of the USSR in the Field of Automatic Programming. Moscow, 1958.28 p.
17. Ершов А.П. О некоторых вопросах теории программирования и конструирования трансляторов. Диссертация, представленная на соискание степени доктора физико-математических наук. Новосибирск. 1966. С.5-10.
18. Ершов А.П. Эволюция языков программирования// Тез. докл. 2-й Всесоюз. конф. по исследованию операций, Петрозаводск, 10–14 мая 1976 г. М., 1976. С. 39–54. (Совм. с С. Б. Покровским).
19. Ershov A. A History of Computing in the USSR// Datamation. 1975, Sept. P. 80–88. Пол. пер.: Rozwoj komputeryzacji w ZSRR// Informatyka, 1975. № 3. S. 1–9.
20. Ершов А.П. Становление программирования в СССР: Начальное развитие. Новосибирск, 1976. С. 4. (Совм. с М.Р. Шура-Бурой).
21. Davis N.C., Goodman S.E. The Soviet Bloc's Unified System of Computers // ACM Computing Surveys. 1978. Vol. 10. №2. P. 94, 98, 115.
22. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=36054&fileid=197550>
23. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=5351&fileid=89038>
24. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=17156&fileid=101053>
25. Ершов А.П. Становление программирования в СССР: Начальное развитие. Новосибирск, 1976. С.8 (Совм. с М.Р. Шура-Бурой).
26. Там же. С.12.
27. Ершов А.П. Становление программирования в СССР: Переход ко второму поколению языков и машин. Новосибирск, 1976. С.25 (Совм. с М.Р. Шура-Бурой).
28. Там же. С.29.
29. A History of Computing in the Twentieth Century. Ed. By N. Metropolis, J. Howlett, G.-C. Rota. Academic Press, 1980, p. 137-196.
30. A. P. Ershov. The British Lectures. London a.o.: Heyden, 1980. 57 p.
31. Ершов А.П. О формализации понятия программы// Кибернетика. 1967. № 5. С.40–57. (Совм. с А. А. Ляпуновым).
32. Ершов А.П. О формализации понятия программы. Кибернетика. 1967. № 5. С.40. (Совм. с А. А. Ляпуновым).
33. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=13708&fileid=127161>
34. Ershov A. Theory of Program Schemata // The Best Computer Papers of 1971. Princeton, 1972. P. 93–124.
35. Котов В.Е. Расширяющаяся вселенная информатики //Андрей Петрович Ершов – ученый и человек. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, серия «Наука Сибири в лицах», 2006.С.164.
36. Земанек Х. Андрей Ершов и ИФИП// Андрей Петрович Ершов – ученый и человек. Новосибирск, 2006. С.246.
37. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=19031&fileid=136028>

-
38. А.П. Ершов являлся председателем Комиссии по системному математическому обеспечению ККВТ АН СССР в 1979-1988 гг.
 39. Ершов А.П. Состояние и проблемы развития работ по математическому обеспечению в Академии наук СССР и академиях союзных республик// Бюллетень №2 Координационного комитета Академии наук СССР по вычислительной технике. М. 1979.С.12.
 40. Ершов А.П. Смешенные и частичные вычисления: вступительный доклад// Институт вычислительной математики и математической геофизики (ВИЦ) СО РАН: Страницы истории. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2008. С.321.
 41. <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=40911&fileid=219388> и далее.

Роль академика Г.И. Марчука в создании вычислительных центров Сибири

Куперштох Н.А.
Институт истории СО РАН, г. Новосибирск
nataly.kuper@gmail.com

Role of Academician G.I. Marchuk in Foundation of Computer Centers in Siberia

Kupershtokh N.
Institute of History SB RAS, Novosibirsk

Abstract. Establishing academic center in the east of the country in 1957, academicians M.A. Lavrentyev, S.L. Sobolev and S.A. Christianovich assigned primary importance to interdisciplinary combination of scientific researches with mathematics as a central science. There were no academic institutions researching mathematics and informatics in this region till 1957. Institute of mathematics with computing center in Novosibirsk was established one of the first. In 1963, the Computing center was transformed into a separate Institute. Several scientific institutes arose on a base of its departments and assisted in foundation of related research universities in Krasnoyarsk, Irkutsk and other cities. G.I. Marchuk was one of the initiators of foundation of research institutes in Siberia including several computing centers.

Key words: SB RAS, Academgorodok, Siberian Branch of Russian Academy of Science, SB RAS Computing Centers, academician G.I. Marchuk

При создании академического центра на востоке страны в 1957 г. – Сибирского отделения АН СССР – его организаторы академики М.А. Лаврентьев, С.Л. Соболев и С.А. Христианович поставили во главу угла междисциплинарное сочетание научных исследований, причем математике в «союзе наук» отводилось центральное место. На территории региона до 1957 г. не было академических учреждений по математике и информатике. Одним из первых организован Институт математики с вычислительным центром (ВЦ) в Новосибирске. В 1963 г. ВЦ стал самостоятельным институтом, на основе подразделений которого в дальнейшем организовано несколько научных учреждений, которые содействовали организации НИУ родственного профиля в Красноярске, Иркутске, других городах. Одним из инициаторов развития научных учреждений по математике и информатике в Сибири, включая вычислительные центры, являлся академик Г.И. Марчук.

История развития информатики и вычислительной математики за последние десятилетия превратилась в самостоятельную область науковедения. Проблемы становления этих дисциплин и научных школ в России и Сибири активно изучают В.Н. Захаров, И.А. Крайнева, Р.И. Подловченко, Д.А. Поспелов, Я.И. Фет и др. Ими подготовлена серия ярких работ, что не снимает вопроса об изучении отдельных сюжетов развития данной области знания.

Благодаря организаторам академического центра на востоке страны в 1957 г. в Сибири и на Дальнем Востоке началось развитие современных междисциплинарных исследований. Применение математических методов в физике, геофизике, геологии, химии, биологии, экономике широко распространилось с начала 1960-х гг. не только в самом крупном научном центре СО АН СССР в Новосибирске, но и за его пределами. Перед институтами Сибирского отделения ставились задачи комплексного развития фундаментальных и прикладных исследований. Потенциал в области математического моделирования, вычислительной математики, вычислительной техники и их практических приложений стал основанием для институционального оформления вычислительных центров в Новосибирске, Иркутске и Красноярске.

ВЦ в Новосибирске. В мае 1963 г. СМ РСФСР принял постановление об организации ВЦ СО АН СССР и назначил его директором Г.И. Марчука (с 1962 г. – чл.-кор. АН СССР, с 1968 г. – академик). После окончания ЛГУ он работал научным сотрудником Геофизического института АН СССР, заведующим лабораторией и отделом Физико-энергетического института Госкомитета по атомной энергетике в г. Обнинске. Академики С.Л. Соболев и М.А. Лаврентьев пригласили д.ф.-м.н., профессора, лауреата Ленинской премии Г.И. Марчука в Новосибирский Академгородок для создания нового института [1, с. 164–165].

Кадровой основой ВЦ стали сотрудники вычислительного центра Института математики, специалисты из европейской части страны, выпускники вузов, включая НГУ. Лаборатории возглавили И.В. Бут, Л.Н. Гутман, А.П. Ершов, А.А. Косарев, Г.П. Курбаткин, М.М. Лаврентьев, С.П. Суржиков, М.К. Фаге. Приглашение в институт известных ученых – А.С. Алексеева, С.К. Годунова, Г.А. Михайлова, Н.Н. Яненко и др., избранных впоследствии членами Академии наук СССР, определило высокий уровень проведения научных исследований и появление научных школ мирового уровня.

Концепция развития института была основана на сочетании фундаментальных исследований в области вычислительной математики и математического моделирования с их приложениями к решению практических задач, а также на организации массовых вычислений для институтов Сибирского отделения в режиме коллективного пользования. Научные направления ВЦ того периода связаны с разработкой математических моделей физики атмосферы и океана, геофизики, механики, химии и физики; с совершенствованием методов вычислитель-

ной и прикладной математики; с использованием вычислительной техники в интересах учреждений СО АН СССР и промышленных предприятий Сибири.

Институт динамично развивался, и в 1965 г. в нем работали 355 чел, а среди 76 научных сотрудников – 6 докторов и 15 кандидатов наук. Структура ВЦ состояла из пяти отделов: динамической метеорологии, прикладной математики, вычислительной математики, программирования, вычислительных машин, каждый из которых объединял несколько лабораторий. Парк вычислительных машин сибирского института превратился в один из самых мощных в стране. Коллектив получил в свое распоряжение большую часть здания, которое было построено сначала для Института экспериментальной биологии и медицины, но в виду его реорганизации передано другим институтам [2].

ВЦ изначально функционировал как многопрофильный НИИ, в котором развивались междисциплинарные исследования. Проблемы физики атмосферы и океана с учетом их взаимодействия изучали Г.И. Марчук, Г.П. Курбаткин, В.П. Кочергин, В.П. Дымников и др., оригинальный подход в статистическом моделировании для решения задач теории переноса излучения разработал Г.А. Михайлов. Новые методы вибропросвечивания Земли, известные как активная сейсмология и получившие международное признание сейсмологов, привели к существенному развитию физико-математической теории и технологических принципов среднесрочного прогноза землетрясений. Под руководством Г.И. Марчука развивались новые математические модели динамической метеорологии, экологической метеорологии, физики гидросферы, физики твердой Земли.

Проблемами теории обратных и некорректно поставленных задач занимался М.М. Лаврентьев. Исследования, начатые в области разработки обратных динамических задач сейсмологии А.С. Алексеевым, оформились в научное направление. Вместе с коллегами он подготовил серию публикаций «Разработка асимптотических методов теории распространения сейсмических волн и применение этих методов к расчету динамических полей в геофизике». С организованных Н.Н. Яненко всесоюзных семинаров в 1960-е гг. начиналось становление математического моделирования, а его работы оказали влияние на развитие ряда областей математики и механики, особенно численных методов решения задач механики, и получили признание как в России, так и за рубежом.

Проблемы теоретического и системного программирования разрабатывали А.П. Ершов и И.В. Поттосин, основы построения информационно-вычислительных систем коллективного пользования изучал Ю.В. Метляев, системами промышленного создания программного обеспечения ЭВМ и внедрением автоматизированных систем информационного обеспечения в народное хозяйство занимались В.В. Пененко и И.В. Недоспасов.

Структура института менялась в зависимости от поставленных перед ним задач. В 1975 г. организована лаборатория гидродинамических проблем окружающей среды, которая создала ряд математических моделей для решения задач охраны атмосферы больших городов и промышленных регионов. В 1978 г. вновь созданный отдел геофизической информатики приступил к разработке аппаратуры для регистрации и совершенствования методов обработки полевых данных, полученных от низкочастотных источников. В этом же году организован Главный производственный вычислительный центр (ГПВЦ) на хозрасчетной основе, который внес значительный вклад в обеспечение организаций СО АН вычислительными ресурсами.

В 1980 г. новосибирский ВЦ являлся крупным институтом Академии наук СССР, в котором работали 669 чел, а среди 234 научных сотрудников – 1 академик, 5 членов-корреспондентов АН СССР, 12 докторов и 116 кандидатов наук. Структура института состояла из лабораторий, объединенных в отделы. Для того чтобы между отделами существовала интеграция, их объединили в секции по конкретным направлениям наук [2].

В 1980 г. в докладе, представленном Общему собранию СО АН СССР, Г.И. Марчук накануне своего отъезда в Москву подвел итоги развития новосибирского ВЦ: «Комплексные исследования в области математики, информатики, теоретических основ вычислительной техники и прикладной математики позволили получить крупные результаты по ряду фундаментальных и прикладных проблем» [3, л. 110 об.].

При Г.И. Марчуке ВЦ превратился в ведущий центр фундаментальных исследований и прикладных разработок не только Сибири, но и страны. Общественное и научное признание достижений его сотрудников подтверждали престижные звания и премии. Высокого звания Героя Социалистического Труда удостоены академики Г.И. Марчук (1975 г.) и Н.Н. Яненко (1981 г.). Лауреатами Государственной премии СССР стали Н.Н. Яненко (1972 г.), Г.И. Марчук и Г.А. Михайлов (1979 г.). Премии СМ СССР удостоены О.В. Москалев, Ю.В. Метляев, Л.Б. Эфрос (1980 г.) [4]. В последующие годы этот список лауреатов неоднократно пополнялся.

По инициативе Г.И. Марчука были созданы вычислительные центры в Красноярске и Иркутске, крупные отделы близкой направленности в Томске, Якутске, Омске, которым новосибирский ВЦ оказывал методическую и кадровую помощь. В 1980-х гг. эти «точки роста» стали региональными сибирскими центрами «Академсети» – первой межкомпьютерной глобальной сети в Сибири. Будучи ориентированными на развитие математического моделирования и разработку численных методов для решения научных задач, эти организации образовали первичную инфраструктуру информатизации СО АН СССР.

Последние пять лет пребывания на посту директора ВЦ Г.И. Марчук совмещал с обязанностями председателя Сибирского отделения АН СССР. В 1980 г. он переехал в Москву, где сначала возглавил Государственный комитет СМ СССР по науке и технике (ГКНТ СССР), а затем был избран Президентом Академии наук СССР. Вместе с Г.И. Марчуком отправился «научный десант» из его коллег и учеников – квалифицированных специалистов ВЦ, которые стали кадровой основой сначала отдела, а затем Института вычислительной математики РАН.

В 1990-е гг. из новосибирского ВЦ выделились выросшие на основе его отделов институты СО РАН: Институт вычислительных технологий и Институт систем информатики. В 1997 г. ВЦ был преобразован в Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН. После Г.И. Марчука директорами ВЦ–ИВМиМГ были академик А.С. Алексеев и чл.-кор. РАН Г.А. Михайлов, с 1999 г. институт возглавляет академик Б.Г. Михайленко.

В институте сформировались и успешно работают на современном мировом уровне три научные школы: «Развитие численных методов решения прямых и обратных междисциплинарных задач геофизики» (основатель школы – академик А.С. Алексеев, руководитель – академик Б.Г. Михайленко), «Новосибирская школа по методам Монте-Карло» (основатель – академик Г.И. Марчук, руководитель – чл.-кор. РАН Г.А. Михайлов), «Сибирская школа по моделированию в задачах физики атмосферы, океана и окружающей среды» (основатель – академик Г.И. Марчук, руководители: доктора наук В.И. Кузин, В.В. Пененко, Г.С. Ривин) [4].

ВЦ в Иркутске. Организован в 1980 г. на основе отдела теории систем и кибернетики Сибирского энергетического института (СЭИ). Проект по созданию ВЦ академик Л.А. Мелентьев инициировал еще в 1960-е гг., однако тогда его реализовать не удалось. Лишь в середине 1970-х гг. по инициативе председателя СО АН СССР академика Г.И. Марчука в СЭИ организовали отдел, чтобы со временем «вырастить» из него институт. Для этого из Казанского авиационного института пригласили группу ученых во главе с д.ф.-м.н. В.М. Матросовым (с 1976 г. – чл.-кор. АН СССР, с 1987 г. – академик).

В течение пяти лет кадровый состав отдела вырос с 16 до 173 чел. Становлению отдела способствовала поддержка Президиума СО АН СССР, иркутских властей, НИИ и вузов. В 1978 г. комиссия во главе с академиком Н.Н. Яненко признала научный потенциал отдела достаточным для создания института, однако официальное открытие ВЦ в силу трудностей материально-технического свойства состоялось только в 1980 г. Г.И. Марчук подчеркнул, что для открытия нового института имелись веские основания: «Иркутские математики разработали метод анализа разнообразных свойств систем с применением векторных функций Ляпунова. В сущности, речь идет об оптимизации многокритериальных задач. Это одна из самых актуальных задач теории оптимизации» [3, л. 111–112].

Параллельно с формированием коллектива (его пополняли выпускники кафедры прикладной математики Иркутского университета) шло строительство новых помещений в иркутском Академгородке, и в 1985 г. ВЦ разместился в новых корпусах. Институт развернул исследования устойчивости, управляемости, оптимальности и других свойств математических и информационных моделей динамических систем. ЦКП состоял из четырех отечественных ЭВМ. Вычислительной техникой активно пользовались институты Иркутского научного центра СО АН СССР, вузы, предприятия г. Иркутска.

Основные усилия сотрудников сосредоточились на разработке метода векторных функций Ляпунова – основы анализа устойчивости сложных систем. За цикл работ «Разработка метода векторных функций Ляпунова для анализа устойчивости и других динамических свойств нелинейных систем», опубликованных в 1962–1981 гг., сотрудники института Л.Ю. Анапольский, С.Н. Васильев, Р.И. Козлов, В.М. Матросов удостоены Государственной премии СССР (1984 г.).

Получили развитие исследования в области асимптотических методов в механике, а также исследования задач применительно к космической и авиационной технике. Система эконометрических моделей Иркутской области использовалась в 1980-е гг. для прогнозирования показателей ее развития. Дополнительные импульсы региональные исследования получили с открытием в 1984 г. лаборатории системного анализа.

В 1990 г. в институте работали 385 чел, в том числе 154 научных сотрудника, включая 1 члена РАН, 6 докторов и 56 кандидатов наук. В крупных специалистов выросли Л.Ю. Анапольский, Ю.Е. Бояринцев, С.Н. Васильев, А.А. Толстоногов, А.И. Тятюшкин и др. На базе кафедры прикладной математики ИркГУ был развернут учебно-научный комплекс по математической кибернетике, системному анализу и исследованию операций, который готовил специалистов по современным направлениям исследований. Иркутский ВЦ установил контакты с родственными институтами Новосибирска, Красноярска, других городов [5].

С отъездом академика В.М. Матросова в Москву в 1991 г. институт возглавил д.ф.-м.н. С.Н. Васильев (с 1997 г. – чл.-кор. РАН, с 2006 г. – академик). По его инициативе ВЦ был переименован в Институт динамики систем и теории управления (ИДСТУ) СО РАН. В 2007 г. его директором избран д.т.н. И.В. Бычков (с 2008 г. – чл.-кор. РАН). Институт является признанным лидером в области создания методов нелинейного анализа и управления сложными системами. В нем плодотворно трудятся представители научных школ академиков В.М. Матросова и С.Н. Васильева, сложились научные школы членов-корреспондентов РАН И.В. Бычкова и А.А. Толстоногова, других ведущих специалистов института, внесших весомый вклад в развитие вычислительной математики, математических методов, информатики и программирования.

ВЦ Красноярска. Вопрос о необходимости организации Института математики с вычислительным центром в Красноярске академик Л.В. Киренский поставил на повестку дня еще в начале 1960-х гг., когда закладывал концепцию Красноярского научного центра. Одной из причин, что создание института откладывалось, было отсутствие сильного лидера, способного возглавить новый НИУ. Инициатором создания красноярского ВЦ выступил академик Г.И. Марчук, который взял на себя непростые обязанности директора-организатора.

В марте 1974 г. Президиум АН СССР принял постановление о создании ВЦ в Красноярске и поручил возглавить институт д.ф.-м.н., профессору В.Г. Дулову из Новосибирска (с 1979 г. – чл.-кор. АН СССР). Концепция развития института была основана на сочетании фундаментальных исследований в области вычислительной математики и математического моделирования с их приложениями к решению насущных проблем Красноярского края, организацией массовых вычислений для институтов Красноярского научного центра. Сначала ВЦ находился в составе Института леса на правах отдела вычислительной техники. В 1975 г. коллектив из 36 чел стал функционировать как самостоятельный НИУ и в течение года его кадровый состав вырос до 120 чел. При содействии местных властей ВЦ получил здание, необходимое оборудование и квартиры для сотрудников [5].

Вместе с В.Г. Дуловым приехала группа выпускников НГУ, составившая «ядро» Вычислительного центра: В.М. Белолипецкий, Н.В. Еркаев, А.И. Рудаков, В.В. Шайдуров, В.А. Щепановский и др. Из красноярского Института физики перешли Н.Д. Демиденко, В.М. Воронцов, И.В. Краснов, В.А. Охорзин, Н.Я. Шапарев. Из Фрунзе по приглашению Г.И. Марчука приехали А.В. Медведев и А.В. Лапко. В новом институте оказались выпускники вузов Новосибирска, Красноярска, Томска, Омска, Перми, Свердловска, Фрунзе. В дальнейшем институт пополняли выпускники кафедры прикладной математики и механики КГУ.

Первый директор В.Г. Дулов успешно выполнил задачу организации нового института и создал условия для развития теоретических фундаментальных исследований без привязки к Красноярску или Новосибирску, т.е. имеющие общезначимый характер. В 1980 г. академик Г.И. Марчук отмечал: «Фундаментальные исследования математиков Красноярского ВЦ в области теории стохастических и адаптивных систем в условиях малой априорной информации привели к созданию математических адаптивных моделей, которые применяются при планировании производства» [3, л. 111]. Институт выполнял значительный объем работ, связанных с прикладными задачами для региона. Уже в 1978 г. в рамках программы «Сибирь» коллектив приступил к работе над такими проектами как «Благородные и редкие металлы, медь и никель Красноярского края», «Аэрокосмические методы исследования природных ресурсов», «Чистый Енисей». Для Норильского горно-металлургического комбината разработана автоматизированная система производственной программы предприятий с непрерывным характером технологического процесса.

Преемником В.Г. Дулова на посту директора ВЦ был чл.-кор. АН СССР Ю.И. Шокин (с 1994 г. – академик). В 1990 г. институт возглавил чл.-кор. РАН В.В. Шайдуров, под руководством которого произошла реорганизация ВЦ в Институт вычислительного моделирования СО РАН. За цикл основополагающих работ по созданию и последующему внедрению высокоэффективного многосеточного метода численного решения широкого класса задач математической физики В.В. Шайдуров удостоен Государственной премии РФ (2004 г.).

Как в России, так и за рубежом широко известны результаты фундаментальных исследований сотрудников института в области изучения магнитосферы Земли, математических моделей в химии, теории искусственных нейронных сетей, в моделировании течений жидкостей и газов, разработке методов решения больших систем алгебраических уравнений, создании информационных технологий для решения актуальных проблем охраны окружающей среды. За годы своего существования институт стал одним из ведущих в стране по разработке важнейших проблем информатики и сыграл большую роль в развитии производительных сил Восточной Сибири. В нем получили развитие научные школы под руководством академика Ю.И. Шокина, членов-корреспондентов РАН В.Г. Дулова и В.В. Шайдурова, других ведущих ученых по механике жидкости и газа, твердого тела и вычислительной математики.

Таким образом, по инициативе и при непосредственном участии академика Г.И. Марчука в Сибири созданы вычислительные центры нового типа. Это были, прежде всего, научно-исследовательские институты с высокой планкой фундаментальных исследований. Достижения фундаментального свойства явились основой для разработки прикладных задач, которые успешно внедрялись в практику. Сибирские ученые сыграли выдающуюся роль в развитии информатики и использовании ее достижений в различных отраслях экономики. Деятельность современных научно-исследовательских учреждений СО РАН, преобразованных из вычислительных центров, в значительной мере опирается на мощный научный задел, созданный при академике Г.И. Марчуке.

Список литературы

1. Российская академия наук. Сибирское отделение. Персональный состав / Отв. ред. В.М. Фомин. Новосибирск: Наука, 2007. 603 с.
2. Куперштох Н.А. Развитие исследований по математике и информатике в Новосибирском научном центре СО РАН // Философия науки. Новосибирск, 2007. № 2 (33). С. 124–172.
3. Научный архив Сибирского отделения РАН (НАСО). Ф. 10. Оп. 11. Д. 407.
4. Институт вычислительной математики и математической геофизики (ВЦ) СО РАН: Страницы истории / Отв. ред. Б.Г. Михайленко. Новосибирск: Академич. изд-во «Гео», 2008. 612 с.
5. Куперштох Н.А. Научные центры Сибирского отделения РАН. Новосибирск: Академич. изд-во «Гео», 2006 / Отв. ред.: В.А. Ламин, В.Д. Ермиков. 441 с.

XXI век и статья А.П. Ершова «О человеческом и эстетическом факторах в программировании» (1972)

Курляндчик Г.В.
Санта Клара, Калифорния, США
Москва, Россия
galina.kurlyandchik@gmail.com

XXI Century and the Article “Aesthetics and the Human Factor in Programming” by A.P. Ershov (1972)

Kurlyandchik G.
Santa Clara, CA, USA
Moscow, Russia

Abstract. The report gives the background and thesis of the Ershov’s article that has been written as the Luncheon address at the AFIPS Spring Joint Computer Conference 1972 and has been published in “Communications of the ACM (*Association for Computing Machinery*)”, 1972, Vol. 15, N 7. That article was devoted to the establishment of professional programmer as well the characteristics and challenges of a new profession. The second part of the report provides links to various sources on the internet that prove what influence has the Ershov’s article to many sciences and other human activities today and show how deep is his thoughts about the social significance of computer use.

Key words: programming, computer, human factor, aesthetics factor

*Нам не дано предугадать,
Как слово наше отзовется ...*
Ф.И Тютчев

Вступление

Наступает момент, когда человек задумывается о своем предназначении и о том, какие его мысли, открытия, идеи останутся жить после смерти. Естественно, что об этом думал и Андрей Петрович Ершов, ученый, педагог, философ, поэт. Вопросы будущему он задает в своем стихотворении:

Неведение

Иисус пронес свой крест и к муке был готов,
«Распни его», - народ кричал, беснуясь.
Но он был Божий сын и знал: в конце концов
Господь его посадит одесную.

Я знание добывал из потаенных мест,
Чтоб человек был жив не только хлебом.
Но сам не ведаю, неся свой тяжкий крест:
Распнут меня иль вознесут на небо?...

Январь 1983 г. [2]

Андрея Петровича нет с нами уже больше двадцати лет, но мы продолжаем у него учиться. Я не могу анализировать развитие идей Ершова в теоретическом и системном программировании, а возьму на себя смелость остановиться только на одной его статье, первой из прочитанных мной работ. О том, какое влияние она оказала на меня, я уже упоминала в своих предыдущих публикациях, посвященных академику А.П. Ершову [6, 8]. Речь идет о статье «О человеческом и эстетическом факторах в программировании»¹.

1. Предыстория

Эдуард Зиновьевич Любимский, однокурсник и коллега Андрея Петровича, так вспоминает историю появления этой работы: «Устроители одной из конференций АСМ² пригласили его (А.П. Ершова) выступить на первом заседании, открывающем конференцию. Это было почетное приглашение, однако предложенная тема не могла не вызвать сомнений у представителя советской науки: «Программирование в развивающихся странах». Гордо отказаться или покорно согласиться? А оказалось, что можно гордо согласиться. Андрей Петрович ответил, что с благодарностью принимает приглашение и выступит на тему: «О человеческом и эстетическом факторах в программировании». И мы все потом читали это блестящее эссе» [5]. Объединенные осенние и ве-

¹ Ершов А.П. О человеческом и эстетическом факторах в программировании // Кибернетика. – 1972, № 5. – С. 95-99. Далее все цитаты относятся к этой работе, если не указано иначе.

² Association for Computing Machinery – Ассоциация по вычислительной технике, профессиональная организация, объединяющая специалистов в области программирования и вычислительной техники.

сенные конференции проводились в США ежегодно, торжественные обеды традиционно открывались так называемой «Банкетной речью», Ершов был одним из немногих, удостоенных такой чести. Выступление привлекло всеобщее внимание, его текст был сразу же опубликован во многих англоязычных изданиях и переведен на другие языки. На русском языке эта работа появилась в пятом номере журнала «Кибернетика» за 1972 год и была посвящена памяти Геннадия Исааковича Кожухина, друга и сподвижника Андрея Петровича, рано ушедшего из жизни.

Свое выступление А.П.Ершов начал такими словами: «Должен признаться, что когда я получил приглашение выступить на этом собрании, моим первым действием было узнать, кто до меня удостоивался аналогичного приглашения. Я нашел в списке предыдущих ораторов трех писателей, двух конгрессменов, одного генерала, но практически ни одного представителя нашей программистской профессии. Наверное, это было неслучайно: быстрое и экстенсивное развитие нашей области неизбежно увеличивало число пограничных столкновений и связанного с ними интереса к внешнему миру». Действительно, сегодня трудно назвать такую область «внешнего мира», с которой бы не соприкасались программисты за практически 40 лет, прошедших с момента написания этих строк. О том, что Андрей Петрович Ершов был наделен даром предвидения, не раз говорил его друг и соратник Игорь Васильевич Поттосин: «Он обладал истинной стратегией мышления, предвидя будущность только что появившегося явления, прекрасно видел точки роста» [4]. Статья «О человеческом и эстетическом факторах в программировании» является как раз тем примером «стратегического мышления», о котором вспоминал Игорь Васильевич.

Говоря о том, что «вольная братия программистов постепенно попадает под влияние администраторов и менеджеров, которые стремятся сделать труд программиста планируемым, измеряемым, однородным и обезличенным», Андрей Петрович предсказывал основное направление развития профессии, а он, можно сказать, предвосхитил бум «стартапов» и «доткомов» и их судьбу в девяностые и нулевые годы: «Однако в этом деле жизнеспособными оказались лишь такие коллективы³, в которых этот партизанский дух быстро заменялся режимом экономии, иерархией отношений, жесткой дисциплиной, словом, всем тем, что в свое время вытолкнуло их из “родительского дома”. В качестве шутки можно заметить, что вся эта история напоминает сказку о трех поросятах: братья-программисты в конце концов собрались в крепком софтверхаусе, но лишь после того, как первые два были унесены волчьим ветром беспощадной коммерции». Читая эти строки, ловишь себя на мысли, что они вполне могли принадлежать сегодняшнему оратору. Очень образное и совершенно точное стратегическое утверждение о развитии профессии программирования на десятки лет вперед!

Андрей Петрович считал, что программирование с неизбежностью будет подчинено большому бизнесу, он предвидел также трудности и опасности, которые ждут программиста. Сегодня мы видим, что часть огромной армии программистов превратилась в «высокооплачиваемый отряд наемных тружеников умственного труда», но все же эстетическая, или эмоциональная, сторона программирования вознаграждает программиста, когда он выходит со своим продуктом на рынок, и составляет его нравственную опору, когда он «остается наедине с программой или машиной». И дальше Ершов развил свой тезис о том, что «программирование – это самая трудная из всех массовых профессий. Программисты непосредственно “упираются” в пределы человеческого познания в виде алгоритмически неразрешимых проблем и глубоких тайн работы головного мозга».

Хочется обратить особое внимание на следующее высказывание Андрея Петровича, которое очень полюбилось всем читателям статьи и буквально разошлось на цитаты: «трудность также в том, что программист должен обладать способностью первоклассного математика к абстракции и логическому мышлению в сочетании с эдисоновским талантом соорудить все что угодно из нуля и единицы. Он должен сочетать аккуратность банковского клерка с проницательностью разведчика, фантазию автора детективных романов с трезвой практичностью бизнесмена. А кроме того, программист должен приобщаться к корпоративным интересам, иметь вкус к коллективной работе, понимать цели работ и многое другое». В этих словах впечатляет не только суть сказанного, но и языковая форма, которой мастерски владел Андрей Петрович.

Не могу не напомнить и следующий отрывок, без которого дальнейший анализ окажется неполным. Итак: «Суть проблемы в том, чтобы признать, что программирование требует от человека несколько особого взгляда на мир, его потребности и эволюцию, особой моральной подготовленности к своему долгу. Программист – это солдат технической революции и как таковой должен обладать революционным мышлением».

В центральном тезисе своей речи Ершов утверждает, что **«программирование обладает богатой, глубокой и своеобразной эстетикой, которая лежит в основе внутреннего отношения программиста к своей профессии, являясь источником интеллектуальной силы, ярких переживаний и глубокого удовлетворения. Корни этой эстетики лежат в творческой природе программирования, его трудности и общественной значимости»**. Говоря о творческой природе программирования, Андрей Петрович подчеркивает, что оно «идет намного дальше большинства других профессий, приближаясь к математике и писательскому делу».

Приведу еще один тезис, который любят повторять читатели этой статьи: «Машина, снабжая программой, ведет себя разумно. Программист является первым, кто обнаруживает это. Применяя метафору троичи, он ощущает себя в этот момент и отцом-создателем программы, и сыном-братом этой машины, и носителем святого духа – вложенного в нее интеллекта. Это торжество интеллекта, наверное, самая сильная и самая специфическая сторона программирования». Образность этого высказывания не может не восхищать, а старая библейская истина наполняется новым содержанием.

³ Имеются в виду небольшие стартапы, организованные программистами, получившими опыт работы в крупных компаниях

2. Анализ

Далее я хочу показать, что идеи, высказанные в статье А.П. Ершова, живут и поныне и приносят свои плоды в самых разнообразных направлениях человеческой деятельности. Для этого я обратилась к самому простому, я бы даже сказала, обывденному инструменту, общедоступному в XXI веке – к интернету. Опять же не могу не процитировать Ершова: «Разработка и распространение софтвера, мне кажется, во многом напоминает то, что произошло в результате появления книгопечатания. Как книги накапливают внешний образ мира в глазах их авторов и позволяют воспроизвести процесс его познания, так и программы и банки данных накапливают информационную и операционную модели мира и позволяют не только воспроизводить, но и предсказывать его эволюцию, давая тем самым небывалую власть над природой».

Вот я и воспользовалась информацией, которую мне предоставил интернет. Я не хочу сказать, что мне удалось найти абсолютно все упоминания статьи Ершова, но и полученные данные, несомненно, показывают значение его работы, написанной в 1972 году, для нового века и новых поколений. Завершая свою статью, он писал: «...поколения людей меняются значительно медленнее, чем поколения машин... как сделать, чтобы программист в возрасте свыше 50 лет был бы не меньше полезен ему, чем 30-летний. Через 30 лет у нас таких программистов будет миллион. Пожалуй, честно будет сказать, что сейчас у нас нет даже подхода к тому, как ассимилировать ветеранов в современных условиях изменчивости и нестабильности, сделав тем самым профессию программиста пожизненной и дающей человеку ощущение социального удовлетворения». Я надеюсь, что этой своей работой, я смогу, в какой-то степени, дать «ощущение социального удовлетворения» той огромной армии программистов, благодаря которым интернет стал доступен миллионам людей в их повседневной жизни.

Итак, результаты моего небольшого исследования. Если задать поиск по названию статьи, например, в Google, то за 41 секунду он выдает 58,500 ссылок. Я использовала не только Google и смогла, разумеется, проанализировать лишь часть из своих находок, которые попыталась классифицировать по научным направлениям.

Следует отметить, что к статье А.П. Ершова и по сей день обращаются его бывшие сотрудники и коллеги. Приведу один из недавних примеров. В 2010 году в статье «От операционного стиля мышления через педагогические компетенции к универсальным учебным действиям» Юрий Абрамович Первин, много лет работавший в Лаборатории экспериментальной информатики ВЦ СО АН, которую возглавлял Ершов, пишет, ссылаясь на статью: «Неслучайно образ мышления этих специалистов (*программистов – прим. автора*), который стал актуальным именно в процессе становления информационного общества, на первых порах был назван программистским. Термин «программистский стиль мышления» (а этот стиль эмпирически наблюдался психологами, которые исследовали поведение людей, связанных с вычислительными машинами) отражает значительную роль программистов в формулировке и решении важнейшей социальной задачи – формировании нового поколения людей, способных активно жить в условиях нового информационного общества».

(http://ito.edu.ru/sp/SP/SP-0-2010_11_23.html)

Педагогика

Широко цитируется статья Андрея Петровича на образовательных сайтах университетов, педагогических институтов, школ.

Справочный сайт СПРИНТ-ИНФОРМ Тульского ПГУ им. Л.Н.Толстого

(<http://www.sprint-inform.ru/Personal%20Web%20Page1.htm>),

раскрывающий содержание более 1000 терминов, относящихся к новой и обширной области деятельности – информатике, ссылается на статью Ершова как основополагающую в этой дисциплине.

Н.А.Пионтковская, учитель информатики средней школы № 17, г. Тула, ссылается на работу Андрея Петровича в статье «Компьютер в начальной школе», опубликованной в журнале «Информатика и образование».- №9'2003, с.94-96 и представленной на сайте Камчатского государственного университета им. Витуса Беринга: <http://www.kamgu.ru/dir/mpi/Dopolnenie/mlad.htm>.

Педагогический сайт «1 сентября» в 2010 году опубликовал работу учителя информатики Н.Д. Лопушанской «Использование “задачного” подхода в условиях адаптивной системы обучения программированию (АСОП)» со ссылкой на статью Ершова: <http://festival.1september.ru/articles/524846/>.

Цитируют Андрея Петровича Ершова и в отрывке из книги Ю.Д. Бабаевой и А.Е. Войскунского «Одаренный ребенок за компьютером» (М.: Сканрус, 2003, стр. 217-247) на педагогическом сайте «Образец.Ру»: <http://ai.obrazec.ru/programmer.htm>. Авторы статьи «Who are you, mr. programmer? Интеллектуальные особенности программистов» пишут: «А.П.Ершов признает полезность математических знаний для программиста, однако вместе с тем считает необходимыми для данной профессии еще и инженерные способности и навыки (*Ершов, 1972*)».

В каталог диссертаций по педагогическим наукам за 2000 год включена диссертация А.А. Коротченковой «Межпредметные связи математики и информатики при подготовке специалистов экономического профиля», представленная на соискание степени кандидата педагогических наук в которой ссылки на статью Андрея Петровича занимают одно из ведущих мест:

<http://www.dissercat.com/content/mezhpredmetnye-svyazi-matematiki-i-informatiki-pri-podgotovke-spetsialistov-ekonomicheskogo->

На сайте <http://zexy-999.ru/item/items936035.html> предлагаются курсовые и дипломные работы по самым разным направлениям, в одной из них, «Построение курса информатики для гуманитарных специальностей»,

статья Ершова перечисляется среди литературы, обязательной для изучения. .

«Магазин готовых работ» на сайте «ReadyWork.ru» предлагает дипломную работу «История возникновения и основные компоненты системы обучения программированию», в которой несколько ссылок на работы Ершова, в том числе, на статью «О человеческом и эстетическом факторах в программировании»: (<http://www.readywork.ru/works.php?w=12676>).

Психология

На стыке педагогики и психологии на сайте «Roditel.Ru» опубликованы результаты исследований по теме «Психологические аспекты одаренности детей и подростков в применении к ИТ» со ссылкой на А.П.Ершова: <http://www.roditel.ru/news.php?n=5086&c=1431>

Не обошли вниманием статью Андрея Петровича и психологи из Гродненского государственного университета в пособии «Введение в психологию программирования»: http://mf.grsu.by/UchProc/livak/en/arxiv_22102010/facultativ/vvedenie

Ю.А. Кукушкина в 2008 году получила степень кандидата психологических наук, защитив диссертацию «Критическое мышление как фактор профессиональной компетентности: на примере программистов». В ней она ссылается на статью Ершова (см. электронный каталог диссертаций <http://www.dissercat.com/content/kriticheskoe-myshlenie-kak-faktor-professionalnoi-kompetentnosti-na-primere-programmistov>

В блоге Надежды Платовой публикуется дипломная работа «Карьерные устремления и особенности психоэмоциональной сферы программистов», где среди используемых материалов приведена статья Андрея Петровича: <http://www.plahova.com/karemyie-ustremleniya-i-osobennosti-psiho-emotsionalnoy-sferyi-programmistovpart-2/>

Ю.Д. Бабаева и А.Е. Войскунский, сотрудники Психологического факультета МГУ, в своей статье «IT-Giftedness in Children and Adolescents» (ИТ-одаренность у детей и подростков), опубликованной на английском языке в журнале Educational Technology & Society, 5 (1) 2002, ссылаются на работу А.П. Ершова: http://www.ifets.info/journals/5_1/babaeva.html

Биология

Несколько неожиданно было обнаружить ссылку на работу Ершова у биологов, в статье «Биологические и кибернетические аспекты речевой деятельности»: <http://speechact.info/page/81>

Философия

На факультете прикладной математики и процессов управления Санкт-Петербургского государственного университета А.С. Милославов включает статью А.П.Ершова в список литературы, рекомендуемой при подготовке к кандидатскому экзамену по теме «Философские проблемы информатики»: <http://www.apmath.spbu.ru/ru/education/aspirantura/quest/quest-fil2.html>

Программные проекты

В.Е. Зюбин цитирует статью Ершова в работе «Графические и текстовые формы спецификации сложных управляющих алгоритмов: непримиримая оппозиция или кооперация?» на информационном портале языка Рефлекс: http://reflex-language.narod.ru/articles/03text_vs_graph.htm

Ссылка на статью Ершова у того же автора встречается и в Трудах международной конференции «Computational Technologies in Electrical and Electronics Engineering, 2008. SIBIRCON 2008», опубликованной на сайте «IEEE.Org»:

http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=4602608

В 2009 году С. Архипенков обращается к статье Андрея Петровича в своей работе «Лекции по управлению программными продуктами» на сайте «CITforum.ru»: http://citforum.ru/SE/project/arkhipenkov_lectures/3.shtml

В знаменитом программистском бестселлере Ф.П. Брукса «Мифический человеко-месяц», размещенном на сайте «Библиотека RIN.RU» находим ссылку на статью Андрея Петровича: <http://lib.rin.ru/doc/i/129587p36.html>. Приведу цитату из этой книги:

Эпилог

Асфальтовая топь технологии программирования останется непроходимой еще очень долго. Никто не сомневается в том, что человечество будет продолжать попытки ее покорения как вслед за нашими достижениями, так и независимо от них. Системы программного обеспечения представляют собой, может быть, самые запутанные и сложные творения рук человеческих. Руководство этим сложным ремеслом потребует от нас умения наилучшим образом использовать новые языки и системы, наиболее эффективно применять все известные методы технического руководства, а также здравого смысла и умения признавать наши слабости и просчеты.

Примечания и ссылки

1. А. П. Ершов считает, что это обстоятельство определяет не только трудные, но и радостные моменты ремесла программиста //Ершов А. П. Эстетический и человеческий факторы в программировании.- Кибернетика, 1972, No 5)

Я специально останавливаюсь на книге Брукса, вышедшей в оригинале в 1975 году, потому что на этом сайте книга пользуется необычайной популярностью, благодаря этому современные читатели узнают и о статье А.П. Ершова.

Экономика

На сайте журнала «ЭКО» под рубрикой «Директорский форум» в работе В.И. Пирогова С.К. Завьялова и Г.Р. Мукушева «Технологизация – путь совершенствования управления предприятием» обнаружилась ссылка на статью Ершова: http://www.econom.nsc.ru/eco/arhiv/ReadStatiy/2007_05/Pirogov.htm

В 2007 году в Новосибирске О.В. Брежнев защитил диссертацию на соискание степени кандидата экономических наук «Технология персонального планирования и учёта на предприятии: на примере ООО “Мастер и К”, в которой также цитируется статья Ершова: <http://www.dissercat.com/content/tekhnologiya-personalnogo-planirovaniya-i-ucheta-na-predpriyatii-na-primere-ooo-master-i-k>

История науки

Статья А.П.Ершова «О человеческом и эстетическом факторах в программировании» перепечатана в сборнике «История информатики в России: учёные и их школы», изданном в Новосибирске в издательстве «Наука» в 2003 году и представленном на сайте «КнигоПровод.Ру»: http://www.knigoprovod.ru/?topic_id=23;book_id=2124

На сайте Новосибирского государственного университета, посвященном истории информатики, также находим эту статью: <http://cshistory.nsu.ru/obj3009/INTERFACE.htm#ontop>

Читальный зал Интернета

Ниже представлены сайты-библиотеки, которые либо публикуют статью А.П. Ершова целиком, либо упоминают ее в списках рекомендованной литературы для студентов и ученых разных специальностей.

На сайте Забайкальского государственного гуманитарно-педагогического университета им. Н.Г.Чернышевского (г. Чита): <http://www.zabspu.ru/artix/aview.php?aid=697> статью Андрея Петровича рекомендую будущим преподавателям гуманитарных дисциплин.

Сайт «SoftPanorama.org» в 1998 году опубликовал статью Ершова на английском языке, со ссылкой на русскую версию в журнале «Кибернетика», № 5, 1972 и комментарием Николая Безрукова под названием «Остановиться – оглянуться!»: <http://www.softpanorama.org/Articles/ershov72.shtml>. Ряд замечаний в этих комментариях вызывает, по меньшей мере, недоумение, так, например, Безруков говорит, что «А. Ершов владел английским далеко не блестяще» (я думаю, здесь не надо доказывать обратное), но в целом он высоко оценивает статью и признает за Ершовым первенство в осознании ряда проблем. По мнению Николая Безрукова, статья «является одной и немногих работ “советского периода” развития программирования в России, которая вызвала, в свое время, значительный резонанс на Западе», а «многие положения этой статьи до сих пор звучат удивительно актуально и сегодня». Он подчеркивает, что «ключевая идея статьи, мысль о значимости эстетического фактора в программировании, выдержала испытание временем». На этом же сайте в большом обзоре «Programming as a Profession» («Программирование как профессия») авторы в первую очередь рекомендуют статью А.П. Ершова: *Очень интересную точку зрения на профессию программиста вы можете найти в статье* http://www.softpanorama.org/SE/programming_as_a_profession.shtml

В электронной библиотеке Дальневосточного федерального университета (г. Владивосток) в разделе «Ценные мысли о программировании» цитируется определение А.П. Ершова о том, какими качествами должен обладать программист: [http://weblib.wl.dvgu.ru/?action=view&form\[book\]=aboutpr.gz](http://weblib.wl.dvgu.ru/?action=view&form[book]=aboutpr.gz)

Обратимся к зарубежным сайтам, где публикуется или цитируется статья Ершова «Aesthetics and the Human Factor in Programming». На первое место по праву надо поставить ACM Digital Library: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=361458>, ведь именно в журнале «Communications of the ACM» эта замечательная статья была напечатана впервые. В библиотеке ведется статистика обращений к содержащимся в ней материалам. Отметим, что за последние 12 месяцев статью Ершова скачивали 50 раз. Следующая ссылка - на статью в IEEE⁴ Xplore Digital Library: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=4042496. Андрей Петрович был членом этой организации, получая от нее журналы и другие материалы.

Не менее показательным я считаю цитирование статьи А.П. Ершова на сайтах, посвященных книге Дональда Эдвина Кнута «Искусство программирования»: <http://www.paulgraham.com/knuth.html>. Д. Кнут всегда считал эту монографию основным проектом своей жизни, при этом неоднократно подчеркивал, что Андрей Петрович Ершов оказал решающее влияние на его профессиональное становление. В Википедии приводятся слова Кнута: «Это началось еще когда я был студентом последнего курса. Тогда только появилась книга Андрея «Программирующая программа для БЭСМ», и мы, группа студентов, смогли убедить преподавателя русского языка включить ее в курс в качестве одного из двух сборников текстов для изучения научной лексики».

«Искусство программирование» Кнута читают и перечитывают, находят ссылку на статью Андрея Петровича и читают и перечитывают ее в XXI веке. Приведу (в переводе с английского языка) только одно свиде-

⁴ Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) – крупнейшее профессиональное объединение в мире, деятельность которого посвящается продвижению технологических инноваций и передового опыта на благо человечества. IEEE и его члены вдохновляют мировое сообщество, используя цитирование ведущих публикаций, конференций, технологических стандартов.

тельство: «Замечательная находка в библиографии к книге Д. Кнута (1974). Я читал статью, когда она только появилась, но перечитав сейчас, я понял ее гораздо лучше. Андрей Ершов был известным ученым-программистом из Новосибирска. Оценка положения программистов во всем мире, которую он сделал более 30 лет назад, убеждает меня в том, насколько несбалансированным был наш прогресс. Я не хочу преуменьшить существенных успехов в решении многих проблем, но все же стоит заметить, что сейчас перед нами стоят практически те же проблемы, а наши инструменты нас не спасают». Эту заметку и ссылку на статью Ершова я нашла на сайте «Orcmid.Com» в рекомендательном разделе Reading in CS (Чтение по информатике):

<http://orcid.org/readings/compsci.htm>

На сайте «SpringerLink.com» издательства «Шпрингер» (Германия), с которым у Андрея Петровича были тесные связи еще с 70-х годов (а у Мемориальной библиотеки Ершова контакты продолжают и до сегодняшнего дня), представлена статья «Human and Aesthetic Factors in Programming», опубликованная в английском варианте журнала «Кибернетика» (Cybernetics and Systems Analysis, Vol. 8, № 5):

<http://www.springerlink.com/content/m01k01x521126k50/>

На американском сайте «HeinOnline.org», который содержит крупнейшее в мире собрание оцифрованных документов в области права, мы находим статью А.П. Ершова, в свое время опубликованную в «Jurimetrics Journal», vol. 13 (1972-1973):

<http://heinonline.org/HOL/LandingPage?collection=journals&handle=hein.journals/jurab13&div=78&id=&page=>

Хочется подчеркнуть, что с первой публикации этой статьи в США она привлекла внимание специалистов, занимающихся исследованиями в области права.

Форумы:

В интернетовских форумах молодое поколение живо обсуждает идеи Андрея Петровича, высказанные в 70-е годы, и пытается разобраться, в чем он предвосхитил свое время.

Так, например, на форуме «Infostart.ru» в дискуссии на тему «История программирования: А.П. Ершов» молодых людей удивляет, что программы в 70-е не были товаром: «Ты хочешь сказать что в США в 1970 г. программы не являлись товаром, не продавались и покупались? И что Ершов прозрел, предвосхитил в 1970 г. товарно-денежные отношения в IT-индустрии?» Отношение к Андрею Петровичу у молодежи почтительное: «Лично знаком я с Ершовым не был. К сожалению. Только с учениками, и то по переписке». Или: «Дополню еще. Вот статья 1972 г. «О человеческом и эстетическом факторах в программировании» (нередко цитировавшаяся, кстати, такими корифеями как Вирт и Брукс). Какие трудности в программистской профессии?», и далее собеседник приводит хорошо нам знакомые цитаты из статьи Ершова о трудностях в профессии программиста: <http://forum.infostart.ru/forum24/topic37424/>

В 2005, а затем и в 2008 году на форуме «OberonCore.ru» активно дискутируется тема «Ершов о программировании» (модератор – Илья Ермаков). Все обсуждение концентрируется вокруг статьи Андрея Петровича «О человеческом и эстетическом факторах в программировании»:

<http://forum.oberoncore.ru/viewtopic.php?f=57&t=851>

В блоге на сайте «CS Science Education Initiative», посвященном проблемам обучения программированию, находим прямую ссылку на Ершова: «Возможно, нам нужно вернуться к «искусству» программирования, о котором говорит Кнут. Ведь именно создание *красивой программы*, о чем, кажется, забыли в современных курсах информатики, и может дать программисту как интеллектуальное, так и эмоциональное удовлетворение (Ершов, 1972)»: http://cssei.blogspot.com/2009_02_01_archive.html С этим тезисом тесно перекликается фраза из интервью «Современный компьютер – это «слоеный пирог» программ над «железом», которое дал Сергей Шац калифорнийскому русскоязычному журналу Terra Nova в 2005 году: «Программирование несёт индивидуальные черты. Мой московский начальник и выдающийся человек Владимир Александрович Коздмидиadi говорил о нашей профессии: «Что красиво – то правильно»: <http://www.muza-usa.net/Authors/Shats-Interview.html>. Видимо, В.А. Коздмидиadi читал и Кнута, и Ершова и знакомил своих сотрудников с их идеями.

Заключение

Подводя итоги нашего небольшого исследования, процитирую еще несколько высказываний об Андрее Петровиче.

А.Г. Марчук, директор Института систем информатики СО РАН им. А.П. Ершова: «Перечитывая ... статью «О человеческом и эстетическом факторах в программировании», испытываешь чувство, будто она только что написана, настолько глубоки мысли об общественной значимости использования компьютеров. Вообще, научное и публицистическое творчество Андрея Петровича богато и разнообразно. Большинство его трудов не устаревают, поскольку он каждый раз ставил важную группу проблем и предлагал принцип подхода к ним, оставляя детальную разработку ученикам и последователям. Будучи математиком, он не ограничивал себя только математическими постановками и формализмами, его целью было скорейшее продвижение информатики, а для этого необходимо было заниматься и популяризацией, и организацией, и философией науки»: http://cshistory.nsu.ru/obj3008/BOOK_INTERFACE.htm

Э.З. Любимский об А.П. Ершове: «Когда-то он высказал очень интересную мысль о евангельски триедином отношении программиста к создаваемой им программе. Он - ее творец, он - носитель ее духа, идеи, и он же, в определенном смысле, приносит себя ей в жертву. Вот так же соотносятся Андрей Петрович Ершов и наша отечественная информатика» [5].

Недавно, перечитывая книгу «Андрей Петрович Ершов – ученый и человек», я нашла очень примечательную страницу из его архива: «В ноябре 1983 года Агентство печати «Новости» (АПН) проводило опрос ведущих ученых Советского Союза, социалистических и капиталистических стран на тему «Мир 2000 года». Цель – познакомить общественность с различными точками зрения на пути решения глобальных проблем современности. С член-корр. АН СССР А.П.Ершовым беседовал корреспондент АПН в Новосибирске Ю.В.Тюрин:

Корр.: На решение каких острейших проблем на Земле или важнейших научных задач Вы направили бы (представьте, что Вам это доверили) средства, освободившимися при разоружении?

А.П.Ершов: Мне представляется самой острой проблемой – возродить гармонию между человечеством и природой в широком смысле этого слова...

Корр.: Чтобы Вы хотели пожелать человеку XXI века?

А.П.Ершов: О достижении гармонии во взаимоотношениях человечества и природы я уже говорил, пожелаю еще хорошего знания истории и искусства прошлого» [6].

Цель нашей конференции, проходящей в XXI веке, как раз и заключается в изучении истории той науки и той профессии, которым академик Андрей Петрович Ершов отдал все лучшие качества своих души и все силы своего интеллекта. Я думаю, он был бы рад узнать, что его идеи живы и сейчас, спустя несколько десятилетий, а его прогнозы находят свое подтверждение в разных областях человеческой деятельности. Мне представляется, что в собравшиеся здесь как раз и пытаются найти гармонию между человечеством и природой в широком смысле этого слова.

Список литературы

1. Ершов А.П. О человеческом и эстетическом факторах в программировании // Кибернетика. – 1972. - № 5. – С. 95-99.
2. Ершов А.П. Стихи. – Новосибирск: ИСИ СО АН СССР, 1991. – С. 9.
3. Поттосин И.В. Андрей Петрович Ершов: жизнь и творчество // Андрей Петрович Ершов: Материалы к биобиблиографии сибирских ученых. – Новосибирск: ООО «Сибирское Научное Издательство», 2009. – С. 17–40.
4. Поттосин И.В. А.П. Ершов – пионер и лидер отечественного программирования // Становление Новосибирской школы программирования (мозаика воспоминаний). – Новосибирск: ИСИ СО РАН им. А.П.Ершова, 2001. – С. 7–16.
5. Любимский Э.З. Воспоминания об академике Ершове//Андрей Петрович Ершов – ученый и человек. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. – С. 282–286.
6. Курляндчик Г.В. Светлые годы//Там же. – С. 269–281.
7. Возродить гармонию человека и природы (Интервью А.П.Ершова Агентству печати «Новости») // Там же. – С. 43–44.
8. Курляндчик Г.В. Мой мессия // Труды семинара «История информатики в Сибири». – Новосибирск: ИСИ СО РАН, 2009. – С. 57–60.
9. Крайнева И.А., Черемных Н.А. Путь программиста. – Новосибирск: Нонпарель, 2011.

О состоянии развития информатизации в Новгородском государственном университете

Курмышев Н.В.
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Nikolai.Kurmishhev@novsu.ru

About IT Progress at Novgorod State University

Kurmyshev N.
Yaroslav-the-Wise Novgorod State University

Введение. Стратегические цели

Свою миссию в построении регионального информационного общества НовГУ видит в демонстрации на собственном примере новых возможностей и преимуществ использования информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в современном университете, а также в пропаганде и распространении опыта в области ИКТ.

В данном докладе описано текущее состояние развития информатизации Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого и основные задачи на 2011-16 годы.

Основными стратегическими направлениями развития информатизации в НовГУ являются:

1. Корпоративная сеть;
2. Административные и учебные базы данных, системы и информационные ресурсы;
3. Корпоративный портал
4. Организационная инфраструктура информатизации;
5. Повышение ИТ компетенции сотрудников и преподавателей;
6. Парк вычислительной техники и оргтехники;
7. Обеспечение средств ВТ и оргтехники расходными материалами и комплектующими;
8. Программное обеспечение.

Стратегические цели

Главной стратегической целью развития информатизации в НовГУ является создание современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, соответствующей уровню лучших российских университетов и обеспечивающей условия для постоянного повышения качества образования и научных исследований.

Взаимодействие с обществом:

1. Высокоскоростной доступ через сеть Интернет к образовательным услугам, образовательным и научным информационным ресурсам НовГУ, публичным сетевым сервисам.
2. Возможность использования опыта и ресурсов НовГУ для построения информационного общества.
3. Укрепление имиджа НовГУ как современного инновационного вуза с развитой телекоммуникационной инфраструктурой. Повышение позиций в российских и международных рейтингах.
4. Повышение качества и доступности профессионального образования в Новгородском регионе.

Финансовые ресурсы:

1. Оптимизация финансовых затрат на сопровождение и развитие информационно-телекоммуникационной инфраструктуры.
2. Создание условий для привлечения дополнительных источников и объемов финансирования за счет расширения рынка образовательных услуг (дистанционное образование, дополнительное образование, платные студенты из других регионов России и зарубежья), грантов, внешних заказов на НИР, хозяйственных договоров, выполняемых с использованием ИКТ.
3. Увеличение совокупных доходов НовГУ за счет эффективного использования ИКТ.

Студенты, преподаватели, сотрудники:

1. Комфортные условия и благоприятная ИКТ среда для эффективной учебы, работы и научных исследований на высоком качественном уровне.
2. Качественный и надежный доступ к современным ИКТ, внутренним и внешним информационным ресурсам как внутри университета, так и за его пределами.
3. Повышение мобильности, выбор индивидуальных планов, форм и траекторий обучения, расширение возможностей для выбора удобных инструментов и форм получения знаний, участия в сетевых, в том числе и международных проектах.
4. Усиление мотивации (желания, интереса, престижа) учиться и работать в НовГУ.

Работодатели:

1. Повышение эффективности информационного взаимодействия между работодателями и выпускниками (обмен информацией о вакансиях и потенциальных кандидатах, поиск, заявки, учет профессиональных стандартов и требований).
2. Снижение затрат на переподготовку и повышение квалификации кадров. Снижение времени и затрат на поиск и отбор кадров.

Государство:

1. Повышение публичности и открытости всех процессов деятельности НовГУ, он-лайн контроля и мониторинга результатов деятельности со стороны государства и общества, выполнение государственных требований к показателям уровня развития ИКТ в вузе.
2. Соответствие российским (государственным и негосударственным) и международным стандартам.

Управление изменениями:

1. Постоянное опережающее развитие информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, как двигателя инновационной модели современного университета.
2. Постоянное повышение уровня ИТ компетенций персонала.
3. Повышение эффективности работы
4. Улучшение условий труда ППС.
5. Новые инструменты для эффективных исследований и научной работы, образовательной деятельности.

Корпоративная сеть

Корпоративная сеть НовГУ в настоящее время объединяет высокоскоростными каналами связи все структурные подразделения. Всего более 2 тысяч компьютеров, десятки серверов, сетевое офисное оборудование подключены к общей сети и имеют выход в Интернет. Магистральной основой сети каждого университетского корпуса (соответственно института или факультета) служит структурированная кабельная система, построенная в соответствии с международными стандартами (ЕИТ/ТИА 568, «Е»-дополнение стандарта ЕИТ/ТИА 568). В сети обеспечиваются: поддержка современных сетевых технологий (100/1000 Base T/F), масштабируемость, высокий уровень надежности, удобство эксплуатации. Каналы между удаленными зданиями организуются на основе услуг сетей передачи данных региональных операторов связи. Используются технологии виртуальных сетей (VLAN), туннелирования (IP tunneling), виртуальных частных сетей (VPN) на скоростях 100-1000Мб. Все работы по монтажу и инсталляции компьютерных кабельных систем НовГУ выполняются только профессиональными специалистами на основе разработанных и утвержденных общих и отдельных технических проектов.

Мощная телекоммуникационная инфраструктура НовГУ, развитая организационная инфраструктура информатизации, высокопрофессиональные кадры, эффективная региональная политика определяют центральную роль университета в создании и развитии региональной научно-образовательной сети Новгородской области..

Основные характеристики сети:

- Общее кол-во точек подключения в локальных сетях – более 4000;
- Кол-во арендуемых внутригородских 100 Мб каналов связи (для подключения институтов и узла связи на Телекоме) - 12;
- Пропускная способность внешнего Интернет канала от НовГУ до СПб (RUNNet) – 200-1000 Мб + 13 Мб (резерв);
- Зоны беспроводного Wi Fi доступа в Интернет – 25 (все учебные здания и общежития, более 5000 пользователей в 2010 году);
- Кол-во образовательных учреждений, подключенных к сети НовГУ и имеющих выход в Интернет – 150;
- Общая протяженность университетских каналов передачи данных - 130 км.

Основные задачи:

- Эффективное управление телекоммуникационной инфраструктурой (оптимизация нагрузки, обеспечение безопасности и т.д.).
- Развитие и поддержание корпоративной сети НовГУ на уровне лучших российских университетов, соответствие международным сетевым стандартам.
- Наличие проводных и беспроводных точек подключения к сети во всех помещениях университета.
- Предоставление высокоскоростного и безопасного доступа к университетской сети для внешних пользователей в интересах образования, науки и культуры.
- Отладка технологий для предоставления платных сервисов.

Административные и учебные базы данных, системы и информационные ресурсы

Административно-управленческие системы

Применение ИКТ в управлении вузовским комплексом является одним из главных условий его эффективной работы. Сложность широкого применения ИКТ в управлении обусловлена, прежде всего, отсутствием универсальных и готовых (тиражируемых) решений и слабой ИТ-подготовкой управленцев.

В настоящее время в НовГУ успешно работают такие административно-управленческие подсистемы, как:

- внесения, учета и хранения приказов по основной деятельности (БД «Приказы»);
- формирования штатного расписания и учета кадров (БД «Отдел кадров»);
- подготовки и учета решений Ученого Совета университета (БД «Ученый Совет»);
- учета и ведения контингента студентов (БД «Контингент студентов»);
- управления проведением приемной кампании и учета контингента абитуриентов (БД «Абитуриент»);
- начисления стипендии («Стипендия») на основании данных предоставляемых подсистемой «Контингент студентов»;
- бухгалтерского учета и финансового планирования, построенная на базе продуктов «1С-бухгалтерия» и «1С-основные средства», что позволяет оперативно реагировать на изменения в законодательстве;
- и другие более узкие подсистемы, специализированные по видам деятельности.

Основная проблема дальнейшего развития и эффективного использования административно-управленческих систем – низкая компьютерная и системная подготовка пользователей и как следствие большая нагрузка разработчиков на рутинные работы по эксплуатации и сопровождению!

Основные задачи

- Повышение квалификации пользователей систем (семинары, курсы, консультации);
- Разработка и внедрение новых информационных систем, способствующих повышению производительности труда во всех процессах деятельности НовГУ, качества и доступности образования, уровня научных исследований.
- Сопровождение и развитие функциональных возможностей имеющихся административно-управленческих систем.
- Продолжение работ по интеграции всех систем с порталом НовГУ.

Автоматизированная библиотечная система

Библиотечная система MARC (в новой версии) введена в эксплуатацию в 2007 году и обеспечивает автоматизацию всех библиотечных процессов (ведение электронного каталога, поиск, заказ литературы и другие).

Главной задачей на ближайшие годы остается повышение эффективности использования библиотечной системы в самой библиотеке и предоставление пользователям доступа ко всем сервисам библиотечной системы через веб-интерфейсы университетского портала.

Сервер поддержки дистанционного обучения

В сентябре 2007 года введен в эксплуатацию сервер поддержки дистанционного обучения НовГУ, находящийся по адресу <http://moodle.novsu.ru>. На сервере установлена современная система управления дистанционным обучением - Moodle. Эта система не только позволяет проводить полноценное дистанционное обучение, но и обладает инструментарием для создания новых дистанционных курсов.

В 2009 году в НовГУ создан Центр дистанционного обучения. Центр осуществляет свою деятельность во взаимодействии с подразделениями НовГУ, ведущими учебную деятельность по предоставлению услуг основного и дополнительного профессионального образования.

Для преподавателей и сотрудников НовГУ проводятся регулярные семинары по использованию сервера ДО и созданию на его платформе новых курсов.

Статистика (на конец 2010 года) по серверу дистанционного обучения:

- Количество зарегистрированных пользователей сервера возрастает и составляет 3126 чел.;
- Активных преподавателей и создателей курсов – 95 человек.
- Средняя посещаемость 160 человек в день;
- Учебных курсов – 130 (активных – 38; в разработке – 92);
- Прошло 16 потоков обучения на курсе «создание курсов в системе ДО «Moodle». Всего обучено более 200 преподавателей;
- Наиболее активный институт в создании курсов – Институт экономики и управления, всего 35 курсов.

Основные задачи

- Технологическое сопровождение сервера, обновление версий ПО.
- Продолжение обучения и консультаций преподавателей;
- Усиление мотивации преподавателей созданию курсов и их использованию во всех формах обучения (стимулирующие надбавки к зарплате, конкурсы и прочее);
- Создание новых курсов, внедрение дистанционных форм обучения.

- Обобщение имеющегося опыта, анализ потребностей и возможностей НовГУ по использованию ДО.

Почтовый сервер

Почтовый сервер предоставляет всем студентам, преподавателям и сотрудникам индивидуальные почтовые ящики @novsu.ru, @std.novsu.ru

Статистика работы почтового сервера (2010 год):

- Всего пользователей – 21748;
- Среднее кол-во писем (после удаления спама) - 4738 в сутки, 198 в час, 3 в минуту.

Средняя активность пользователей почтового сервера достаточно низкая – 1 письмо за пять дней. Фильтрация спама: 150000 попыток доставить спам отвергаются нашей антиспамовой системой! В общем потоке входящих писем 97.2% являются спамом и успешно уничтожаются!

В ближайшие годы прогнозируется дальнейшее увеличение нагрузки на почтовый сервер, в первую очередь за счет повышения активности пользователей.

Для почтового сервера используется свободно распространяемое лицензионное ПО и антиспамовые фильтры собственной разработки.

Задачи:

- Техническое сопровождение и регулярная модернизация почтового сервера;
- Усиление антиспамовой защиты;
- Обучение пользователей.

Корпоративный портал

Портал НовГУ www.novsu.ru предоставляет пользователям единую точку доступа ко всем существующим базам данных и информационным системам университета.

Портал построен на базе платформы собственной разработки «NovSU Portal Engine». Это позволило создать гибкую систему с открытым исходным кодом, позволяющую интегрировать необходимые сервисы и базы данных.

Основные задачи портала НовГУ:

- интеграция существующих информационных ресурсов;
- публикация информации о НовГУ;
- организация виртуального рабочего места для сотрудников и студентов

Через портал предоставляется следующая информация:

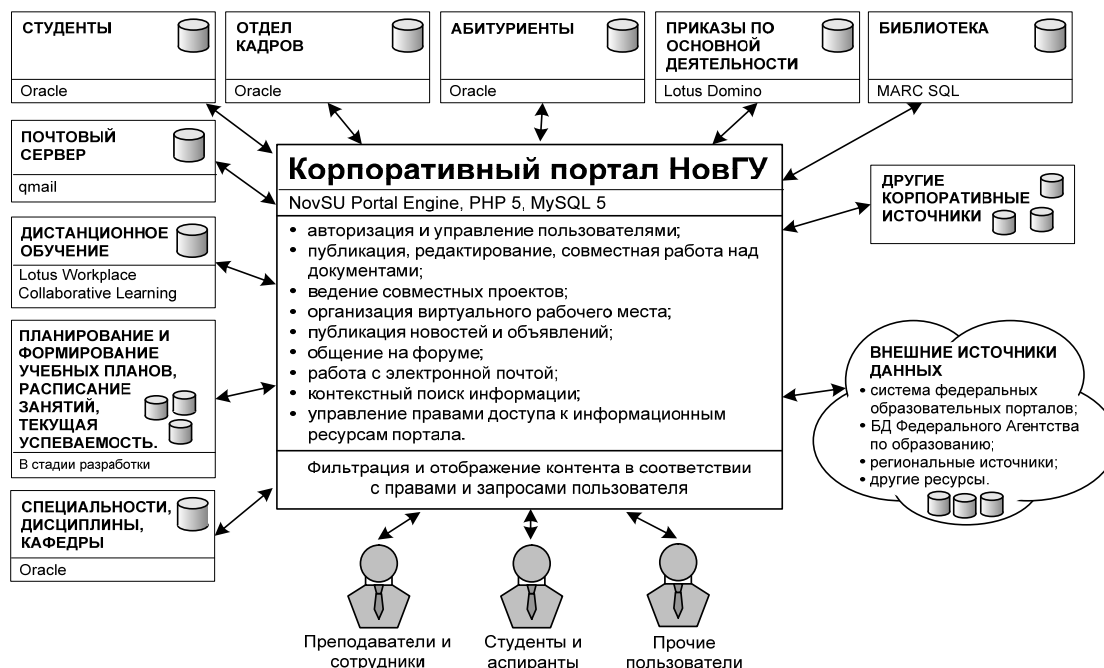
- структура университета и информация о подразделениях;
- телефонный справочник по подразделениям и сотрудникам;
- расписание занятий и календарь учебных недель;
- учебные материалы;
- информация о студентах и сотрудниках;
- блоги зарегистрированных пользователей;
- объявления, новости, пресса;
- дни рождения сотрудников и студентов;
- поиск по каталогу библиотеки;
- поиск различной информации.

В зависимости от прав доступа, зарегистрированным пользователям предоставляются следующие дополнительные возможности:

- веб-почта и блоги;
- публикация личной информации, учебных материалов,
- новостей и объявлений;
- личная страница с возможностью персональной настройки;
- общеуниверситетские приказы и приказы по студентам;
- статистика доступа к модемному пулу университета.

Учебные материалы

Этот раздел портала содержит учебно-методические комплексы по всем дисциплинам: учебные программы, методички, вопросы к экзаменам, задания на практику, описания лабораторных работ и другие постоянно необходимые студенту материалы. Раздел доступен только зарегистрированным пользователям.



Блоги

Любой зарегистрированный пользователь портала НовГУ может вести свой персональный блог. Блоги очень удобны для общения студентов и преподавателей, обсуждений, объявлений, высказывания собственного мнения.

Расписание занятий

Раздел содержит самую актуальную информацию обо всех учебных занятиях во всех институтах НовГУ. Это один из самых посещаемых разделов портала, особенно в начале семестра. С 1 сентября 2008 года внедрена новая система публикации расписаний (удобство публикаций, персонализация, связь с УМК).

Новости, Объявления, Пресса

На портале НовГУ всегда можно найти самые последние новости университета, электронные версии газет "Новгородский Университет", "Универ-СВ" и журнала "Вестник-НовГУ". Зарегистрированные пользователи могут опубликовать собственную новость и объявление.

Структура НовГУ

На портале НовГУ можно найти официальную и регулярно обновляемую информацию по всем подразделениям: институтам, факультетам, кафедрам, центрам, лабораториям и прочим; посмотреть кадровый состав, быстро найти контактную информацию.

Поиск

Мощная поисковая система портала позволяет очень быстро найти любую опубликованную на портале информацию. Особенно удобен и популярен поиск человека по группе или фамилии (как студента, так и преподавателя). Всегда можно найти контактную информацию любого сотрудника или подразделения НовГУ.

Телефонный справочник

Телефонный справочник содержит самую актуальную информацию по всем телефонам НовГУ. При желании телефонный справочник можно распечатать в виде книжки.

В 2009–2010 году успешно проведена масштабная кампания по регистрации прав доступа на портал НовГУ для всех студентов. Таким образом, в настоящий момент все студенты имеют полноценный доступ к portalу, что позволяет им пользоваться дополнительными сервисами, такими как блоги, электронная почта, учебные материалы, персонализированные расписания занятий и другими.

Для повышения качества обучения, все зарегистрированные студенты получили доступ к учебно-методическим комплексам (УМК) по своим специальностям. УМК представлены для всех специальностей всех кафедр в соответствии с учебными программами. Размещение и качество УМК постоянно контролируется учебно-методическим управлением.

Для повышения удобства пользователей портала была разработана новая система публикации расписаний (ранее все расписания публиковались в виде файлов MS Excel). В настоящее время система публикации расписаний предоставляет удобный интерфейс для редакторов расписаний, интегрированный с базами данных Нов-

ГУ. Модуль публикации расписаний позволяет:

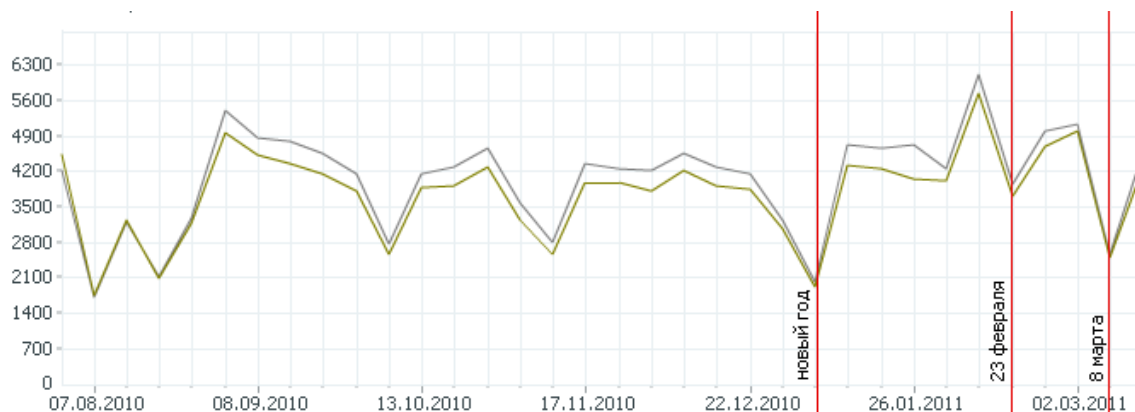
- получать персонализированное расписание (для зарегистрированных студентов);
- получать информацию о предмете (УМК) и преподавателе;
- получать информацию о занятости аудиторий и преподавателей.

Для повышения качества трудоустройства после обучения, был создан специализированный опросник выпускников. Он включает в себя вопросы по текущему и планируемому трудоустройству. Опросник является анонимным, для анализа используются только общие статистические данные.

Для повышения информационной ценности, на портале НовГУ постоянно обновляется информация о подразделениях. Большинство подразделений самостоятельно публикует информацию о себе посредством специализированного веб-интерфейса. Права доступа на редактирование передаются ответственному сотруднику на основании служебной записки руководителя подразделения. Руководители подразделений автоматически получают доступ на редактирование информации о своем подразделении.

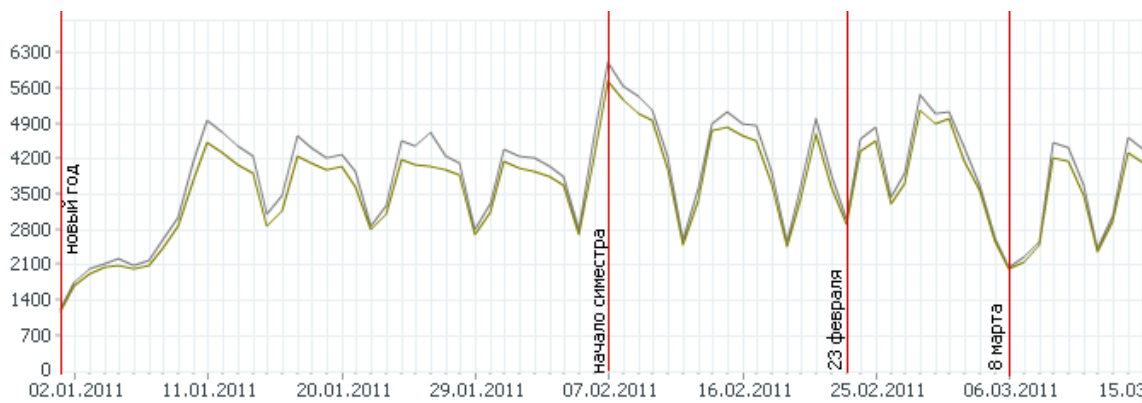
Для повышения качества обслуживания пользователей была проведена оптимизация работы всех модулей портала, а также перевод его с платформы Windows на Linux. Это позволило ускорить работу портала от 2 до 10 раз.

Посещаемость www.novsu.ru по неделям



*) На графике отображены среднесуточные значения

Посещаемость www.novsu.ru по дням за 2011 год



Источники (за последние 7 дней)

Yandex	8266	22,71%
Google	2599	7,14%
Mail.Ru	503	1,38%
Yandex.Directory	221	0,61%
Rambler	135	0,37%
Bing	78	0,21%
Nigma.ru	46	0,13%
QIP.ru Search	44	0,12%
Top Novgorod On-Line	10	0,03%
Yahoo	9	0,02%

search.ukr.net	7	0,02%
GoGo	4	0,01%
Metabot.ru	3	0,01%
Aport	2	0,01%
Poisk.ru	1	0,00%
Остальные ссылки	3585	9,85%
Прямой переход (без реферера)	20891	57,39%

Популярные страницы (за последние 7 дней)

Адрес страницы	Название	Просм.	Проц.
http://www.novsu.ru/	Новгородский государственный университет	36089	19,35%
http://www.novsu.ru/study/	Очная форма обучения	6639	3,56%
http://www.novsu.ru/cabinet/	Бугага	4271	2,29%
http://www.novsu.ru/univer/timetable/ochn/	Очная форма обучения	3531	1,89%
http://www.novsu.ru/mail/	Почта	2753	1,48%
http://www.novsu.ru/search/	Поиск по portalу	1845	0,99%
http://www.novsu.ru/univer/	Структура	1766	0,95%
http://www.novsu.ru/abiturient/	Информация о поступлении	1543	0,83%
http://www.novsu.ru/study/umk/	Учебные планы и УМК	1531	0,82%
http://www.novsu.ru/univer/timetable/spo/	Колледжи	1166	0,63%
http://www.novsu.ru/blogs/	Список блогов	1144	0,61%
http://www.novsu.ru/dept/1108/	Институт экономики и управления	968	0,52%
http://www.novsu.ru/univer/timetable/zaochn/	Заочная форма обучения	941	0,50%
http://www.novsu.ru/science/	Научная деятельность	832	0,45%
http://www.novsu.ru/dept/1109/	Институт медицинского образования	809	0,43%
http://www.novsu.ru/dept/1106/	Новгородский Государственный Университет им. Ярослава Мудрого	783	0,42%
http://www.novsu.ru/dept/1107/	Институт гуманитарный	766	0,41%
http://www.novsu.ru/search/persons/	Персоналии	762	0,41%
http://www.novsu.ru/dept/6748565/	Институт политехнический	757	0,41%
http://www.novsu.ru/doc/study/	Документы подразделений	715	0,38%
	Остальные страницы	116941	62,69%

Города (за последние 7 дней)

Великий Новгород	16883	53,97%
Санкт-Петербург	5908	18,89%
Москва	5856	18,72%
Екатеринбург	245	0,78%
Самара	99	0,32%
Нижний Новгород	80	0,26%
Уфа	78	0,25%
Владивосток	73	0,23%
Красноярск	71	0,23%
Krasnodarskiy	67	0,21%
Другие	1923	6,15%

Страны

Российская Федерация	32281	87,51%
Не определено	2507	6,80%
Украина	378	1,02%
Швеция	342	0,93%
США	222	0,60%
Казахстан	187	0,51%
Голландия	160	0,43%
Франция	159	0,43%
Беларусь	144	0,39%
Молдова	50	0,14%
Германия	46	0,12%
Италия	39	0,11%
Латвия	34	0,09%
Польша	25	0,07%
Эстония	23	0,06%
Иран	23	0,06%
Чехия	18	0,05%
Китай	15	0,04%
Узбекистан	15	0,04%
Азербайджан	12	0,03%
Великобритания	11	0,03%
Бельгия	10	0,03%
Остальные страны	186	0,50%

Анализ статистики посещаемости портала НовГУ показывает устойчивое повышение интереса к интернет-ресурсам НовГУ как со стороны внутренних так и внешних пользователей. В среднем посещаемость портала ежегодно возрастает на 30% и сейчас достигает порядка 4500 посетителей в сутки.

Основные задачи развития портала:

- Продолжение информационного наполнения портала (актуализация информации, новая информация, документы, фотографии, персональные данные и прочее) в существующих разделах;
- Совершенствование автоматизированной системы учета трудоустройства выпускников;
- Разработка специального раздела «Выпускники».
- Разработка сервисов для поддержки связей с работодателями (вакансии, заявки, поиск, анкетирование и прочее);
- Совершенствование системы публикации расписаний;
- Внедрение сервиса «Форум»
- Совершенствование по мере необходимости имеющихся сервисов и систем портала.

Организационная инфраструктура информатизации

Для решения задачи расширенного внедрения ИКТ еще в 1994 году в НовГУ были образованы центр новых информационных технологий (ЦНИТ) и специальное подразделение - управление электронного документооборота и офисных технологий (УДОТ).

Современную структуру ЦНИТ образуют следующие подразделения: центр Интернет; Новгородский региональный центр Федерации Интернет Образования; отдел Сетевых Технологий, включающий: сектор управления компьютерных сетей, сектор информационных ресурсов Интернет, сектор библиотечных информационных технологий, сектор работы с пользователями, 5 секторов сопровождения компьютерных сетей институтов НовГУ, располагающихся в отдельных зданиях; отдел кабельных систем, включающий: сектор проектирования, сектор сопровождения и монтажа; отдел обслуживания и ремонта средств вычислительной и копировальной техники; демонстрационный зал современной компьютерной техники и программных продуктов; центр IC технологий.

В структуре УДОТ выделены такие специализированные подразделения, как: сектор административно-учебных СУБД; сектор административных СУБД; сектор бухгалтерских и финансовых СУБД; отдел докумен-

тационного обеспечения (электронная канцелярия); объединенный ведомственный архив; сектор сетевой поддержки учебных администраторов (деканатов).

Общее кол-во штатных специалистов, обеспечивающих сопровождение и развитие всех систем и инфраструктуры информатизации НовГУ, составляет около 45 человек. Большинство из них являются высококвалифицированными специалистами.

Мы не только сохранили кадровый ресурс, но и постоянно повышаем его профессиональный уровень. И как результат, сравнительно небольшая группа высокопрофессиональных специалистов обеспечивает сопровождение и развитие сложнейшей информационно-телекоммуникационной системы НовГУ (несколько тысяч точек подключения к сети, десятки телекоммуникационных узлов, оснащенных современным сетевым оборудованием, около двух тысяч компьютеров, десятки серверов, учебные и административные БД и знаний, портал НовГУ, сотни единиц оргтехники и технических средств обучения, система повышения квалификации для преподавателей и сотрудников).

Одной из главных задач является сохранение и укрепление кадрового потенциала информатизации и в первую очередь за счет обеспечения конкурентоспособных для ИТ отрасли уровней зарплат!

Однако эффективность от внедрения ИКТ во многом зависит от квалификации пользователей.

Повышение ИТ компетенции сотрудников и преподавателей

Эффективное внедрение и использование НИТ невозможно без соответствующей подготовки пользователей.

В последние годы силами ЦНИТ и кафедры ИТиС на базе учебного центра ФИО прошли обучение по базовым и специальным курсам повышения квалификации около 200 преподавателей и сотрудников. Еще более 300 человек повысили свои ИТ компетенции на регулярно проводимых (каждую пятницу) семинарах.

В последующие годы эта деятельность должна быть усилена:

- Обучение на курсах ИТ компетенция (базовый курс и специальные курсы) – до 200 чел. в год;
- Регулярные (каждую неделю) семинары и консультации по специальным темам: борьба со спамом, защита от вирусов, работа с порталом, создание курсов дистанционного обучения и прочие практические задачи – до 300 чел. в год.

На портале НовГУ создан специальный раздел, на котором публикуются планы и расписание занятий по повышению квалификации, учебные материалы, ответы на часто задаваемые вопросы, регистрационные формы.

Парк вычислительной техники и оргтехники

На начало 2011 года (по информации из БД парк техники системы бухгалтерского учета) в НовГУ находится более 2 тысяч единиц компьютерной и оргтехники.

Однако, реальное кол-во оборудования несколько выше за счет более длительных сроков эксплуатации и все более активного использования в стенах НовГУ мобильных средств (ноутбуки, коммуникаторы, смартфоны). По экспертным оценкам и статистическим данным сетевых служб общее кол-во компьютеров, работающих в университетской сети на начало 2011 г., составляет порядка 4000 единиц.

В последние годы из средств бюджета на приобретение компьютерного оборудования и оргтехники выделяется порядка 5 млн. рублей.

Учитывая, что срок службы (физический и моральный износ) компьютера составляет в среднем 5 лет, то для поддержания общей численности компьютеров в НовГУ на уровне 2 тысяч единиц необходимо ежегодно закупать не менее 400 новых компьютеров.

В первую очередь компьютеры должны обновляться в учебных классах. Общее число учебных компьютерных классов в 2010 году достигло 50. Однако нагрузка многих из них и, прежде всего кафедрального статуса, находится на весьма низком уровне (30-40%). Поэтому не стоит в ближайшие годы увеличивать численность компьютерных классов, необходимо повышать эффективность их работы (полная временная загрузка, современная техника, необходимое лицензионное ПО).

Программное обеспечение

Основная цель 2010 года по переходу на использование лицензионного ПО в базовой конфигурации (операционная система и необходимые офисные приложения) достигнута.

В отдельных учебных компьютерных классах на основе обоснованных заявок кафедр и учебно-научных лабораторий установлены пакеты специализированного ПО.

Подготовлен пакет документов упорядочиванию использования ПО подачи заявок на приобретение ПО (приказы, нормативные документы, формы заявок, рекомендации).

Важной стратегической задачей дальнейшего развития доступности и применения лицензионного ПО является участие в различных академических (образовательных, исследовательских) программах и проектах с ведущими производителями ПО, позволяющих бесплатно (или на льготных условиях) использовать их программные продукты.

Выводы

По уровню развития информатизации НовГУ входит в число лучших университетов России (высокоскоростной до 1Гб и бесплатный Интернет, несколько тысяч точек подключения к сети, зоны WiFi во всех учебных

корпусах и общежитиях, около двух тысяч компьютеров, десятки серверов, современные компьютерные классы и аудитории, электронный документооборот, персональные сервисы на портале, система повышения ИТ-квалификации для сотрудников). Информационно-телекоммуникационная инфраструктура работает стабильно и постоянно развивается, отвечая актуальным требованиям современного классического университета, обеспечивая благоприятные условия для качественного образования, научных исследований и инноваций.

Руководство НовГУ рассматривает ИКТ как ключевое направление деятельности (важнейший стратегический ресурс), обеспечивающее достижение всех стратегических целей развития НовГУ.

НовГУ на своем примере демонстрирует преимущества эффективного применения ИКТ в современном университете и возможность использования своего опыта и ресурсов для построения информационного общества, электронного правительства и единой информационно-образовательной сети Новгородской области.

Первая пятилетка в истории Новгородского Интернета

Курмышев Н.В., Герасимов В.В.
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Nikolai.Kurmishhev@novsu.ru

The First Five-Year Period in the History of Novgorod Internet

Kurmyshev N., Gerasimov V.
Yaroslav-the-Wise Novgorod State University

1993г. Как и где начинался Новгородский Интернет? Первый выход в Интернет в Новгороде был произведен в 1993 году. Это произошло в одной из лабораторий ЦНИТ Новгородского государственного университета. Тогда студент Вячеслав Федоров выполнял дипломный проект. С помощью модема Intel 2400e V.42bis через сеть Спринт (протокол X25) он подключился к одному из первых в России интернет-серверов (семейство VAX) в режиме telnet. Этот сервер находился в Институте исследования проблем качества подготовки специалистов (ректор г-жа Селезнева) и администрировался Анатолием Бабичевым. Все эти эксперименты проводились в рамках проекта ЮНИКОР.

Воспоминания о первых выходах в Интернет. Николай Курмышев (проректор НовГУ по информатизации): «Помню, с каким огромным интересом мы через систему Gopher первый раз выходили на библиотеку Конгресса США и могли находить там самые свежие материалы (книги, журналы, статьи)».

Почему мы были первые? Это направление было новым, интересным и перспективным. Директор ЦНИТ Николай Курмышев в 1993 году сформировал новый отдел (отдел сетевых технологий), главными специалистами в котором на тот момент были студенты Слава Федоров, Дмитрий Постельник и Влад Герасимов. Руководство НовГУ (президент Владимир Сорока и первый проректор Анатолий Гавриков), верно оценив перспективу и преимущества Интернета не только для университета, но и для всего города, оказывали всяческую поддержку университетским проектам в области НИТ. Таким образом, сложились очень благоприятные условия (кадровые, административные и финансовые) развития Интернета в НовГУ, а за ним и в Новгороде.

1994г. Первый выделенный Интернет канал Новгород–Москва. Уже весной 1994 года был организован первый выделенный Интернет канал на основе 4-х проводной телефонной линии, соединивший Новгород (НовГУ) и Москву (Институт органической химии, Андрей Мендкович, Дмитрий Сидельников). Пропускная способность этого канала при использовании модемов типа Zuxel составляла 19,2 Кб. Осенью того же года пропускная способность канала была увеличена до 28.8 Кб за счет использования более скоростных модемов Motorola 3620.

В 1994 году около 50 рабочих станций университетской сети имели доступ к Интернету (всего в НовГУ в это время было порядка 150 компьютеров). Работу университетского узла Интернета обеспечивали два сервера (DX4/100/16Mb & Pent120/16Mb), работающие под ОС UNIX FreeBSD версии ниже 1.5. Модемный пул состоял из 4 телефонных линий. Интересно, что большая часть серверного и телекоммуникационного оборудования была получена за счет участия в одном из проектов НАТО. Следующим этапным событием в расширении Интернет-канала стал переход на оптическую среду. Летом 1996 года НовГУ первым в Новгороде открыл Интернет канал (Новгород–Москва) в 256 Кб. Это был настоящий прорыв для Новгородского Интернета. Затраты на открытие такого канала составили около 10 тыс. долларов.

24 октября 1994 года. День рождения Новгородского Интернета. Первый web-сервер Новгорода. Датой рождения Интернета в Новгороде можно считать 24 октября 1994 года, когда в Новгородском Государственном Университете (НовГУ) имени Ярослава Мудрого был создан **первый WEB сервер** (www.novsu.ac.ru), благодаря которому о Новгороде и об университете узнали многие тысячи пользователей Интернета, а новгородцы получили доступ к мировым информационным ресурсам. Весной 1995 г. НовГУ использовал возможности Интернета <http://chess.novgorod.ru/> для трансляции результатов шахматного супер-турнира «Господин Великий Новгород». In the tournament in Novgorod the following competitors will take part: H.Kasparov, Topalov, V.Kramnik, V.Ivanchuk, N.Short, A.Jusupov, R.Vaganan, J.Tinmmann, J.Elvest, B.Gulko. Последующие Интернет-трансляции (1996, 1997, 1998 г.) уже осуществлялись в режиме «он-лайн» и тысячи пользователей сети могли следить за шахматными баталиями известнейших шахматистов.

1996г. Новгород–Он–Лайн. Особая роль в региональной политике отведена проекту «Новгород–Он–Лайн» www.novgorod.ru, который стал этапным событием для новгородского Интернета. Проект, выполняющийся по инициативе Интернет–Центра НовГУ при поддержке Института «Открытое общество» /Фонд Сороса/, выявил новые объективные потребности новгородцев в свободном доступе к информации. Публичный городской web-сервер позволил отразить не только богатое культурное и историческое наследие древнего русского города, но и активную общественную, культурную образовательную и производственную жизнь современного российского, хоть и провинциального, но динамично развивающегося города. Мы попытались создать виртуальный Новгород со своими музеями, галереями, архитектурой, магазинами, учреждениями, общественными приемными, игровыми залами, событиями, с возможностью свободного общения. Проект «Новгород–Он–Лайн» успешно развивается и в настоящее время.

1997г. Открытие Университетского Интернет Центра. Открытие в апреле 1997 года в Новгородском Государственном Университете (НовГУ) Центра Интернет имело исключительно важное значение для развития

Интернета не только в НовГУ, но и Новгородского региона в целом. В результате осуществления этого проекта (который является составной частью мегапрограммы Интернет фонда Сороса и осуществляется при поддержке Правительства РФ) в НовГУ был создан мощный телекоммуникационный узел, современная Web-лаборатория, два класса коллективного доступа в Интернет (50 рабочих станций). Центр Интернет предоставляет возможность студентам, преподавателям, сотрудникам и гостям университета свободно работать в сети. Университетский Центр обеспечивает работу в Интернете новгородским школам, библиотекам, больницам, музеям и другим государственным организациям.

В июле 1997 г. Web-лаборатория университетского Центра Интернета уже в третий раз осуществляла прямую трансляцию шахматного супертурнира "Господин Великий Новгород". За ходом партий с участием Каспарова, Крамника, Шорта и других именитых участников могли следить любители шахмат всего мира. Достигнут очень высокий для Российского Интернета показатель – за время турнира шахматный web-сервер (chess.novgorod.ru) обработал более 1,5 миллиона запросов. В начале апреля 1999 года был запущен сервер (www.freechess.ru) – Russian Internet Chess Server (RICS), который имеет статус национального российского шахматного сервера и входит в международную ассоциацию Free Internet Chess Servers (www.freechess.org). Этот сервер бесплатно предоставляет полный сервис игры в шахматы через интернет: игра в реальном времени, мониторинг текущих игр, обмен мнениями, ведение рейтинга и ранжирование относительно шахматистов всего мира.

Участие в видеоконференциях. Еще в 1997 году была успешно освоена технология видеоконференций. Центр Интернета принял участие в проведении более 20 видеоконференций с такими городами как Москва, СПб, Ростов, Тверь, Петрозаводск, Ярославль, Ижевск, Нижний Новгород, Челябинск, Кемерово и др. В 1998 г. проведена видеоконференция Анны Ковалевой и Светланы Хоркиной «Спорт против наркотиков» (итоговый отчет, 19.12.98г.). Впервые Центр Интернет НовГУ применил специальное оборудование и специально разработанное программное обеспечение, позволяющее любому пользователю Интернета в реальном времени задавать вопросы, получать ответы, видеть спортсменов на экранах своих компьютеров и читать все поступающие вопросы и ответы. Анонсы об этой конференции были заранее распространены через Интернет по всему миру и организаторы не без основания готовились к настоящей интернет-атаке на web-сервер «Вселенная Анны Ковалевой» kovalyova.novgorod.ru. Ожидания полностью оправдались. За время конференции сервер обработал более 28300 (!) пользовательских обращений, из них 8000 (!) к живым web-камерам. Утренняя часть конференции прошла очень удачно – Анна и Светлана вместе с организаторами выполнили огромный объем работы. В период с 10:00 до 12:00 (Московское время; GMT +3) было задано 45 вопросов, на которые были даны 65 ответов (некоторые вопросы были адресованы обеим спортсменкам). При этом в их число не вошли вопросы и ответы, полученные при общении в режиме реального времени (т.н. «чат»).

Особую активность проявили поклонники таланта Анны и Светланы из-за рубежа (из Австралии, Новой Зеландии, Болгарии, Германии, Швейцарии и даже США, несмотря на глубокую ночь). Вечерняя часть конференции с 19:00 до 21:00 была еще более активной и отличалась большим числом российских участников и очень динамичным живым диалогом по сети. Конференция достигла своего апогея, когда поклонники гимнасток начали звонить им по телефону. Всего за время конференции был задан 71 вопрос, из них Анна ответила на 47, а Светлана – на 54. Ответы спортсменов были интересны и занимательны, но настоящей изюминкой конференции стала «живая» беседа между гимнастками и их поклонниками. Вопросы касались разных тем, таких как спорт, проблема употребления наркотиков и стимуляторов в спорте, политики, хобби и развлечений. Особое значение придавалось тому, будут ли Анна и Светлана участвовать в Олимпийских играх 2000 года в Сиднее.

Приведем некоторые любопытные вопросы: *«Вам нравится мороженное? Если бы вы были мороженым, какой вкус вы бы выбрали и почему?»*. *«Света и Аня – я слышал, что Россия входит в число стран, которые негативно отнеслись к воздушной бомбардировке Ирака. Считаете ли вы, что это может повлиять на готовность русских принять участие в соревнованиях с американскими гимнастами?»*. Интересно, что для Светланы Хоркиной сегодняшняя конференция стала первым опытом работы в сети Интернет. Полной неожиданностью для нее явилось то, что на связь в Интернете вышли ее друзья по гимнастике со всех концов света, что вызвало бурю восторга с ее стороны. Анна Ковалева, имеющая свой собственный web-сервер и опыт участия в подобных мероприятиях, работала как бывалый «интернетчик». Конференция проходила в веселой и дружеской обстановке. Анна и Светлана по достоинству оценили живое внимание огромной аудитории и были единомышленны в признании преимуществ в проведении пресс-конференций через Интернет. «Интернет интереснее!», – сказала Аня, «Обалденно!», – подвела итог Света.

Заключение. Успехи и особая роль НовГУ в первой пятилетке становления Интернета в Новгороде Великом создали условия для последующего динамичного развития информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, соответствующей уровню лучших российских университетов и обеспечивающей условия для постоянного повышения качества образования, научных исследований и инноваций.

И в новом тысячелетии дальнейшее развитие информатизации образования в НовГУ началось с крупного проекта Федерации Интернет Образования (ФИО, ЮКОС, М. Хородковский), основной целью которого было проведение массового обучения учителей Новгородской области применению технологий и средств Интернета. В созданном в университете учебном центре ФИО прошли обучение более 4500 учителей, ими были подготовлены тысячи интересных учебных ресурсов. Но это уже другая – современная история.

**История проекта создания автоматизированной системы управления
советской экономикой (ОГАС) в 1960–1980-х гг.
(по материалам Государственного архива РФ, Российского
государственного архива экономики и архива ВНИИ проблем
вычислительной техники и информатизации)**

Кутейников А.В.
МГУ имени М.В. Ломоносова
alekutejnikov@yandex.ru

**OGAS Project History (1960–1980)
(According to the Russian Federation State Archive, Economics Russian State
Archive, All-Union Research Institute of Computing Machinery and
Informatization Archive)**

Kuteinikov A.
M.V. Lomonosov Moscow State University

В 1960–1980-х гг. в Советском Союзе на государственном уровне разрабатывался грандиозный проект создания автоматизированной системы управления советской экономикой (ОГАС)¹, который должен был, как ожидалось, решить основные проблемы социалистического строя. Согласно проекту, автоматизированная система управления должна была стать гигантским банком данных, в который по сетям связи поступала информация о работе всех предприятий страны. Сердцем системы виделся Главный вычислительный центр, построенный в Москве. Он должен был обрабатывать поступающую информацию, находить оптимальные варианты планирования, сигнализировать об имеющихся в экономике диспропорциях. В памяти центрального компьютера фиксировался бы наиболее объективный образ происходящих в народном хозяйстве процессов, что должно было позволить государственным органам управлять экономикой страны в режиме реального времени. Технически ОГАС представлялась как единая сеть из тысяч вычислительных центров, покрывающая территорию всего СССР.

Автору настоящего исследования посчастливилось первым прикоснуться к документам разработки проекта (стенограммы обсуждений, деловую переписку, сами проектные материалы). Источники были обнаружены в Государственном архиве РФ (ГАРФ), в фонде Совета Министров СССР (ф. 5446), в Российском государственном архиве экономики (РГАЭ) в фонде Госкомитета по науке и технике СССР (ф. 9480), а также в архиве ВНИИ проблем вычислительной техники и информатизации (ВНИИПВТИ).

Выявленный комплекс документов, а также воспоминания свидетелей и очевидцев позволили поставить и решить целый ряд исследовательских задач:

- проанализировать причины и предпосылки разработки проекта ОГАС, под которыми понимаются факторы, свидетельствовавшие о необходимости и возможности создания в СССР автоматизированной системы управления экономикой;
- определить основные этапы подготовки проектных материалов;
- рассмотреть факторы, которые оказывали непосредственное влияние на разработку проекта ОГАС и тормозили подготовку проектных материалов.
- выявить основные проблемы, которые возникли в ходе создания ОГАС, а также проанализировать причины свертывания проекта в 1980-х гг.

Привлеченные архивные материалы позволили проследить основные этапы разработки проекта ОГАС. Всего подготовка материалов заняла 17 лет и прошла три этапа. На первом этапе (1963–1965 гг.), первоначальный проект автоматизированной системы, задуманный учеными, являлся следствием и продолжением коренной реформы управления народным хозяйством СССР, которая началась в 1957 году. Согласно этой реформе, отраслевая структура управления заменялась территориальной, что выражалось в ликвидации министерств и создании Советов народного хозяйства областей и экономических районов. Целью реформы была ликвидация ведомственных барьеров, повышение инициативы на местах. Однако при этом игнорировалась необходимость координации деятельности местных органов на общегосударственном уровне. Это привело к развитию местных интересов регионов и нарушению внутренних связей народнохозяйственного комплекса. Поэтому в начале 1960-х гг. были образованы республиканские совнархозы, а затем и Совет народного хозяйства СССР в 1963 г. Одновременно создавались отраслевые государственные комитеты. Это привело к еще большим трудностям в управлении из-за многоступенчатости системы и пересечении функций ее отдельных звеньев.

Создание автоматизированной системы являлось следующим шагом реформирования управления экономикой. Не случайно Государственный комитет по науке (ГК по КНИР), который занимался вопросами внедре-

¹ Первоначальный проект автоматизированной системы управления экономикой страны назывался ЕГСВЦ (Единая государственная сеть вычислительных центров). Термин ОГАС появился в начале 1970-х гг.

ния ЭВМ в управление, был подчинен ВСНХ СССР с момента создания этого ведомства (13 марта 1963 г.). Как известно, ВСНХ СССР возглавлял Д.Ф. Устинов, крупный советский государственный и политический деятель, курировавший вопросы оборонно-промышленного комплекса. Таким образом, военные технологии, вычислительная техника и автоматизированные системы управления перешли в гражданский сектор.

Разработка проекта ОГАС началась согласно постановлению ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об улучшении руководства внедрением вычислительной техники и автоматизированных систем управления в народное хозяйство» (21 мая 1963). Именно это постановление положило начало четвертьвековой эпопеи массового внедрения в Советском Союзе автоматизированных систем управления (АСУ) в ведомствах и на предприятиях. В стране создавались специализированные государственные ведомства, институты, предприятия по внедрению вычислительной техники в управление народным хозяйством.

Советские ученые добились решения о создании специального государственного органа, который должен был заниматься вопросами автоматизации управления экономикой страны. Согласно постановлению этим органом стало Главное управление по внедрению вычислительной техники при Госкомитете по науке².

Академик В.М. Глушков, который был инициатором правительственного постановления, возглавил образованный 4 сентября 1963 г. при Госкомитете по науке Межведомственный научный совет по внедрению математических методов и вычислительной техники в народное хозяйство.

Ученые во главе с академиком В.М. Глушковым сформулировали основные принципы создания сети ВЦ. Планировалось, что сеть ВЦ будет иметь трехступенчатую структуру. Низовую ступень образовывали ВЦ и пункты сбора информации на предприятиях и организациях. Вторая ступень представляла собой опорные ВЦ, расположенные в крупных промышленных городах. Границами территорий, которые обслуживали эти ВЦ, были выбраны с учетом сложившихся административно-территориальных связей. В РСФСР планировалось построить 16 ВЦ, по УССР и Молдавии – 6, по БССР, Прибалтийским республикам, Закавказью, Казахской ССР, Среднеазиатским республикам по одному опорному ВЦ. Третьей ступенью являлся головной центр в Москве, который осуществлял оперативное руководство всей сетью и непосредственно обслуживал высшие правительственные органы. Ученые предлагали подчинить сеть ВЦ специально созданному госкомитету при Совете Министров СССР. Этот орган должен был руководить работами по созданию сети и осуществлять ее эксплуатацию.

Проект создания автоматизированной системы управления советской экономикой, разработанный учеными в 1964 г., содержал требования к дислокации опорных вычислительных центров, вопросы организации работы сети ВЦ, основные направления и этапы создания Единой автоматизированной системы управления и планирования (ЕСПУ), а также оценку затрат на создание и эксплуатацию сети ВЦ. На создание сети отводилось 10 лет (1965–1975 гг.). Капитальные затраты были равны 4,7 млрд. руб. Из них:

- 4 млрд. руб. на ЭВМ,
- 0,3 млрд. руб. на средства связи,
- 0,4 млрд. руб. на строительство зданий для ВЦ.

Однако с самого начала предусматривалось самоокупаемость работ. Утверждалось, что еще до создания замкнутой сети низовые и опорные ВЦ себя окупят за счет решения экономических, инженерно-технических и других задач организаций, на чьей территории они бы располагались.

Проект создания такой системы вызвал возмущение советской бюрократии. Известно, что с самого начала подготовка проектных материалов шла не гладко – конфликт ученых и чиновников, которым советское правительство поручило разработать проект, был закономерен. Дело в том, что ведомство, которое распоряжалось бы ОГАС, могло стать центральным органом управления. В его руках была бы вся информация по стране, и никто не мог дать гарантии, что ведомство не будет эволюционировать и не станет сильным конкурентом. Началась борьба. Все министерства, Госплан СССР, ЦСУ СССР спорили, кто будет хозяином автоматизированной системы.

Архивные материалы, обнаруженные в фонде Госкомитета по науке показывают, что изложенные в проекте ученых принципы построения сети и ее функционирования вызвали возражения со стороны Центрального статистического управления СССР и лично его начальника В.Н. Старовского, который занимал этот пост еще с 1948 г. Следует отметить, что это ведомство в то время являлось одним из самых влиятельных. Оно было единственным ведомством, которое окрепло в ходе реорганизаций 1950-х гг. Н.С. Хрущев, ликвидируя министерства, был вынужден, чтобы не остаться без информации, централизовать в органах госстатистики сбор и обработку отчетности предприятий по отраслям народного хозяйства. По специальному распоряжению Правительства в системе ЦСУ создавалась в масштабах всей страны сеть машиносчетных станций, которая должна была аккумулировать информацию и поставлять ее высшим органам управления. Именно наличие такой сети давало основание В.Н. Старовскому заявлять о том, что техническая база автоматизированной системы уже существует. Машиносчетные станции нужно только оборудовать ЭВМ, и сеть ВЦ готова.

В июле 1965 г. состоялось заседание Президиума Совета Министров, на котором проект ученых был провален. Его доработка была поручена ЦСУ СССР. Почему было принято такое решение, не совсем понятно, поскольку материалы засекречены.

Во второй половине 1960-х гг. разработка проектных материалов проходила в условиях экономической реформы, которая была провозглашена на сентябрьском (1965) Пленуме ЦК КПСС. Реформа предполагала ад-

² Официальное название ведомства: Государственный комитет Совета Министров СССР по координации научно-исследовательских работ (ГК по КНИР СССР). С 13 марта 1963 г. указом Президиума Верховного Совета СССР это ведомство было переподчинено ВСНХ СССР (Ведомости Верховного Совета СССР, 1963, № 11. ст. 136).

министративные и экономические меры. Изменилась структура управления народным хозяйством: от совнархозов, территориального управления, советское руководство вновь перешло к отраслевому – министерствам. 2-3 октября 1965 года были приняты законы, в соответствии с которыми упразднялись ВСНХ СССР, СНХ СССР, республиканские и территориальные совнархозы. Вместо них было создано 29 союзных и союзно-республиканских министерств. Экономические преобразования были направлены на расширение самостоятельности предприятий, усиление экономического стимулирования с помощью таких рычагов, как цена, прибыль, премия, кредит и ряд других элементов рыночных отношений.

Реформа 1965 г. внесла существенные коррективы в те базовые принципы, на которых ученые предполагали строить сеть ВЦ. В правительственных постановлениях и проектных материалах с этого времени сеть ВЦ называлась уже не «Единая государственная сеть ВЦ», а просто «Государственная сеть ВЦ».

Новое название сети ВЦ свидетельствовало о том, что ее планировалось создавать не как единую систему. Упразднение совнархозов и восстановление министерств привело к тому, что ведомств в центре стало больше, и система управления стала децентрализованной. Вместо ВСНХ, на который, в конечном счете, ориентировался проект ЕГСВЦ, образовалось несколько десятков министерств. Исчезло основание проекта (совнархозы), на котором он возник, и разработчикам пришлось учитывать интересы многочисленных ведомств. Эта реформа, как выяснилось вскоре, существенно осложнила проектирование автоматизированной системы.

На втором этапе (1966–1969 гг.), ведомства (ЦСУ СССР, Госплан СССР и др.), которым было поручено доработать проект, предложили ограничиться созданием отраслевых (министерских) вычислительных систем, что противоречило первоначальному проекту ОГАС, как единой общегосударственной автоматизированной системы. От грандиозного замысла осталось одно название. Тот смысл, который вкладывался учеными в проект, был утрачен. Все бы на этом и закончилось, если бы в конце 1960-х гг. не пришли известия из США. Американцы создали компьютерную сеть АРПАНЕТ, которая связала объекты обороны, все университеты и органы управления. Из этой сети вырос современный интернет.

Эта новость застала врасплох советское руководство и вынудила его вернуться к первоначальному проекту ученых. На заседании Политбюро ЦК КПСС, состоявшемся, предположительно, в конце сентября 1970 года, чиновники предложили следующую схему построения ОГАС: вместо единой автоматизированной системы все ведомства должны были создать свои собственные системы и объединить их впоследствии в общегосударственную.

Решение Политбюро ЦК КПСС по проекту ОГАС было оформлено как очередное постановление ЦК партии и правительства по вычислительной технике («О мерах по совершенствованию управления в народном хозяйстве на основе широкого использования средств вычислительной техники»). Постановление о разработке проекта ОГАС подписали лично Генеральный секретарь ЦК КПСС Л.И. Брежнев и Председатель Совета Министров СССР А.Н. Косыгин. Данное постановление долгое время хранилось ГА РФ под грифом «совершенно секретно» и было рассекречено в середине 1990-х годов.

Советское руководство придало проблеме создания ОГАС политическое значение. Отмечалось, что совершенствование управления в народном хозяйстве на базе ЭВМ является «не только технической, но и важнейшей политической задачей, успешное решение которой обеспечит ускорение создания материально-технической базы коммунизма». Госплан СССР, министерства и ведомства должны были предусмотреть в плане развития народного хозяйства страны на 1971-1975 годы создание и ввод в действие не менее 1600 автоматизированных систем управления предприятиями и организациями в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, связи, торговле и на транспорте.

Для разработки проекта ОГАС был организован Всесоюзный научно-исследовательский институт проблем организации и управления (ВНИИПОУ). Его директором был назначен бывший сталинский нарком электростанций Д.Г. Жимерин. Научным руководителем института стал академик В.М. Глушков. Эскизный проект ОГАС был подготовлен институтом в 1980 г. Это огромный красного цвета том почти в 700 страниц. В этой книге, хранящейся до сих пор во ВНИИ проблем вычислительной техники и информатизации, рассмотрены основные принципы функционирования ОГАС, социально-экономические предпосылки создания системы («развитой социализм»), правовое обеспечение, вопросы эффективности, программное обеспечение и т.д. На первой странице эскизного проекта ОГАС стоят подписи директора института Д.Г. Жимерина, его заместителя Ю.А. Михеева. Нет только подписи академика В.М. Глушкова, научного руководителя института. Место, где должна была стоять его подпись, пусто. Это сразу бросается в глаза, поскольку предыдущие документы, подготовленные институтом, «Эскизный проект ГСВЦ», «Технический проект ГСВЦ», подписаны В.М. Глушковым. По словам Ю.А. Михеева, академик выступал за более радикальный вариант ОГАС, которая должна была в корне изменить систему управления советской экономикой. Компромиссная концепция создания автоматизированной системы его не устраивала.

Проект ОГАС полностью не был реализован. Однако некоторые его функциональные звенья сдавались в эксплуатацию. За период с 1966 г. по июнь 1984 г. было создано 6900 АСУ различного назначения, в том числе более 3300 АСУ на предприятиях и около 3200 ведомственных АСУ. Что же касается основы ОГАС, сети ВЦ, ее строительство началось только в конце 1970-х гг. Всего за 10-ю и 11-ю пятилетки был построен 21 опорный ВЦ. Они обслуживали свыше 2000 предприятий и организаций. Средний эффект от работы одного опорного ВЦ составил примерно 2 млн. руб. В декабре 1978 года впервые в СССР был осуществлен межмашинный обмен данными между ВЦ, расположенными в городах Москве (ВЦ ВНИИПОУ), Риге, Киеве, Ташкенте и Томске.

Доступные источники не позволяют выявить всю совокупность факторов, определявших разработку проекта, выяснить мотивы принятия тех или иных решений советским руководством. Документы по обсуждению

проекта в высших государственных и партийных органах на текущий момент недоступны. Однако очевидно, что советская бюрократия не могла принять проект ученых, невольно бросавших ей вызов. Ученые предлагали за счет автоматизации и механизации процессов сбора и обработки информации высвободить значительное количество работников учета (бухгалтерского, финансового, статистического), органов планирования и управления (особенно из сферы материально-технического снабжения), всего до 1 миллиона человек.

Проект ОГАС так и остался невоплощенной мечтой советских ученых.

Список литературы

1. Долгов В. А., Шилов В. В. Ледокол. Страницы биографии Анатолия Ивановича Китова // Информационные технологии. 2009. № 3, приложение.
2. Бокарев Ю. П. СССР и становление постиндустриального общества на Западе, 1970-1980-е годы. М.: Наука. 2007.
3. Герович В.А. Интер-Нет! Почему в Советском Союзе не была создана общенациональная компьютерная сеть // Неприкосновенный запас. 2011. №75 (1).
4. Глушков В.М. Введение в АСУ. Киев: Техника, 1974; Его же. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. М., 1975; Его же. Основы безбумажной информатики. М. 1982; Его же. Заветные мысли для тех, кто остается // Академик В. М. Глушков – пионер кибернетики. Сб. ст., Киев, 2003. С 288-332.
5. Глушков В.М. Валах В.Я. Что такое ОГАС? М., 1982.
6. Исаев В.П. Вспоминая А.И.Китова – назад в будущее // Долгов В.А. Китов Анатолий Иванович – пионер кибернетики, информатики и автоматизированных систем управления.: Научно-библиографический очерк / Под общей редакцией К.И. Курбакова. 2-е изд. М., 2010.
7. Китов А.И. Кибернетика и управление народным хозяйством // Кибернетику – на службу коммунизму. Сб. статей под ред. А. И. Берга. Том 1. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961.
8. Кутейников А.В., Шилов В.В. Письмо Н. С. Хрущеву о создании автоматизированной системы управления советской экономикой. 1959 год // Вопросы истории естествознания и техники (в печати).
9. Кутейников А.В. Из истории разработки проекта Общегосударственной автоматизированной системы // История науки и техники. 2009. № 3. С. 54-70; Кутейников А.В. На заре компьютерной эры: предыстория разработки проекта Общегосударственной автоматизированной системы управления народным хозяйством СССР (ОГАС) // История науки и техники. 2010. № 2. С. 39-54.
10. Малиновский Б.Н. История вычислительной техники в лицах. Киев: КИТ. 1995.
11. Мясников В.А. Стратегия применения вычислительной техники в народном хозяйстве (доклад). Декабрь 1984 г. // РГАЭ. ф. 9480. оп. 13. д. 1616. л. 16.
12. Поспелов Д.А. Становление информатики в России // В сб.: Очерки по истории информатики в России / Под ред. Д.А. Поспелова и Я.И. Фет. Новосибирск: Научно-издательский центр ИГТМ СО РАН. 1998.
13. Федоренко Н.П. Вспоминая прошлое, заглядывая в будущее. М.: Наука.
14. Kathryn M. Bartol. Soviet Computer Centres: Network or tangle? // Soviet Studies. 1972. Vol. 23. № 4.
15. William J. Conyngham. Technology and Decision Making: Some Aspects of the Development of OGAS // Slavic Review. 1980. Vol. 39. № 3
16. Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об улучшении руководства внедрением вычислительной техники и автоматизированных систем управления в народное хозяйство» от 21 мая 1963 г. // Государственный архив РФ (ГАРФ). Ф. 5446, оп. 106, д. 1324, л. 160-172.
17. Вопросы структуры, организации и создания ЕГСВЦ (Аналитическая записка) //Российский государственный архив экономики (РГАЭ). ф. 9480. оп. 7. д. 1227. л. 82-90.
18. К вопросу о создании ЕГСВЦ (Предложения ЦСУ СССР) // РГАЭ. ф. 9480. оп. 7. д. 1223. л. 158-166.
19. Предэскизный проект ЕГСВЦ. М. ГК по КНИР. 1964. // Архив ВНИИПВТИ.
20. Рассекреченное постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по совершенствованию управления в народном хозяйстве на основе широкого использования средств вычислительной техники» от 8 октября 1970 г. // ГАРФ. ф. 5446, оп. 106, д. 1621, л. 58-67.
21. Эскизный проект ОГАС. М. ВНИИПОУ. 1980. // Архив ВНИИПВТИ.
22. Стенограмма беседы с Первым заместителем директора ВНИИПВТИ, проф., д.н.э. Ю.А. Михеевым (источник хранится в личном архиве исследователя).
23. Отчет Главного управления по вычислительной технике и системам управления ГКНТ СССР об итогах выполнения научно-технических программ по вычислительной технике за 1985 г. и 11-ю пятилетку в целом. // РГАЭ. Ф. 9480. Оп. 13. Д. 1968. Л. 66.
24. Справка о деятельности Главного управления по вычислительной технике и системам управления ГКНТ СССР. 22 января 1979 г. // РГАЭ. Ф. 9480. Оп. 12. Д. 1297. Л.10.

Первые расчеты на ЭВМ М-2 нагрева баллистических ракет при движении их в атмосфере

Лавренюк Ю.А.¹, Баженова Т.В.²

¹Институт проблем информатики РАН
lavr1@voxnet.ru

²Институт высоких температур РАН, Москва

Аннотация. Первые расчеты на ЭВМ М-2 нагрева межконтинентальных баллистических ракет при движении в атмосфере воздуха удалось произвести на создаваемой в лаборатории И.С. Брука ЭВМ М-2 в Энергетическом институте АН СССР (ЭНИИ). В 1953 году в Энергетическом институте АН СССР были проведены численные расчеты с учетом термодинамики параметров потока воздуха за ударной волной (УВ) перед головной частью ракеты при температурах 200-20000 К и начальных давлениях от 1 до 10^{-5} атм. Пользуясь таблицами, можно по заданным значениям начального давления и скорости УВ определить параметры воздуха за прямым скачком уплотнения в передней критической точке. Результаты расчетов параметров воздуха за головной ударной волной перед головной частью ракеты немедленно передавались конструкторам из ОКБ С.П. Королева, которые определяли необходимое количество теплозащитного материала. Расчет для идеального газа по баллистической траектории давал значения температуры 15 000 К. Расчет с учетом термодинамики воздуха показал, что температура за скачком втрое меньше. Полученная информация позволила значительно снизить необходимое количество теплозащитного материала.

The First M-2 Computer Calculations of the Heat Ballistic Missiles Moving in the Atmosphere

Lavrenyuk Yu.¹, Bazhenova T.²

¹RAS Institute for Informatics Problems

²RAS Institute for High Temperatures

Abstract. The first calculations of the heating intercontinental ballistic missiles moving in the air were produced on the M-2 computer at the I.S. Brooke's laboratory, the Energy Institute of the USSR Ac. Sci. The results of calculations of parameters of the air for the bow shock in front of the rocket warhead immediately passed to the S. Koroliov's Design office. Calculation, taking in response to the thermodynamics of the air showed that the temperature behind the shock three times less. Information received by this researches was significantly reduced the required number of heat-resistant material.

Необходимость расчетов

После окончания Великой отечественной войны США не долго оставалась монопольным обладателем ядерного оружия. Однако, для установления равновесия в мире нам необходимо было иметь не только бомбу, но и средства ее доставки через океан, тогда как военные базы США располагались и в Норвегии, и в Турции. При конструировании межконтинентальной баллистической ракеты возникла проблема теплозащиты. При гиперзвуковом обтекании ракеты перед ней возникает отходящая ударная волна. (УВ) параметры которой на фронте вблизи передней критической точки практически совпадают с параметрами за прямым скачком уплотнения (рис. 1).

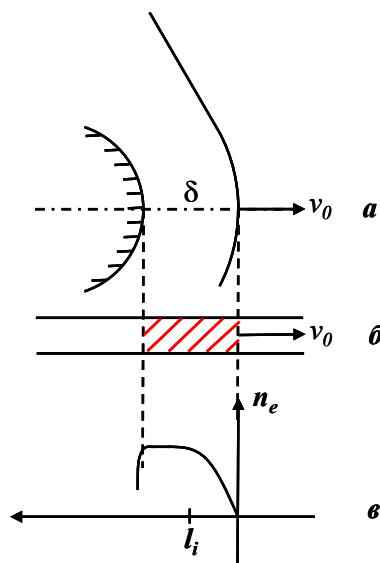


Рис. 1. (а) – головная ударная волна перед телом, входящим в атмосферу со скоростью v_0 . δ – расстояние отхода; (б) – область горячего газа в передней критической точке за прямым скачком уплотнения, для которой проводились расчеты; (в) – концентрация диссоциированных частиц и свободных электронов за головной ударной волной

Скорость газа за УВ относительно тела падает от значений, определяемых по законам сохранения на фронте ударной волны, до нуля на теле. Параметры газа за прямым скачком уплотнения определяются законами сохранения массы, импульса и энергии. Эти законы связывают между собой параметры газа перед скачком с параметрами газа за скачком и со скоростью движения УВ.

Для определения температуры газа перед телом, движущейся с заданной скоростью, нужно использовать зависимость теплоемкости газа от температуры. В идеальном газе теплоемкость не зависит от температуры. Эта зависимость дается простым соотношением и система уравнений сохранения вместе с зависимостью энтальпии от температуры имеет аналитическое решение, связывающее параметры газа за скачком и перед скачком.

Оценки параметров воздуха за скачком по идеальной теории показали, что при скорости движения порядка 7 км/с температура в передней критической точке может достигать 15000 К (!). Это требовало такого количества теплозащитного материала, что ракета не могла бы подняться. Тогда ракетчики обратились к физикам с просьбой определить температуру за скачком в реальном газе. При высоких температурах при увеличении поступательной температуры часть энергии расходуется на возбуждение внутренних степеней свободы молекул (вращения, колебания, диссоциация, ионизация). Зависимость энтальпии газа от температуры вычисляется методами статистической физики и квантовой механики на основе экспериментальных данных об оптических константах молекул, характеризующих собственные частоты колебаний и вращений молекул. Расчет термодинамических параметров диссоциированного и ионизированного газа при высоких температурах требует численного решения системы алгебраических уравнений, связывающих состав газа с температурой и давлением по закону действующих масс через константу равновесия. Существовавшие к этому времени в США расчеты (таблицы Коппола) были выполнены, основываясь на неправильном значении энергии диссоциации азота. Расчеты, проводившиеся в СССР для оценки действия воздушной ударной волны ядерного взрыва, были проведены с большим интервалом по температуре (500 К). Расчет термодинамических параметров воздуха для определения количества теплозащитного материала должен был быть проведен для температур за скачком, меняющихся через каждые 100 К. Такой детальный расчет был необходим в связи с тем, что теплоемкость реального воздуха очень быстро изменяется с температурой и интерполяция могла привести к ошибочному определению температуры, а, следовательно, и необходимого количества теплозащитного покрытия.

Расчет параметров ударных волн в реальном воздухе

Соотношения между параметрами газа перед фронтом ударной волны и за ним определяется решением системы уравнений сохранения массы, импульса и энергии в частных производных. Для стационарного одномерного движения ударной волны уравнения приводятся к системе алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} \rho_1 u_1 &= \rho_2 u_2 \\ P_1 + \rho_1 u_1^2 &= P_2 + \rho_2 u_2^2 \\ u_1^2/2 + h_1 &= u_2^2/2 + h_2 \\ h &= f(P, T). \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь индексы 1 и 2 соответствуют начальному и конечному состоянию среды, P , ρ , u , h - давление, плотность, скорость и энтальпия соответственно.

В идеальном газе теплоемкость не зависит от температуры. Зависимость $h(P, T)$ дается простым соотношением и система уравнений сохранения вместе с зависимостью энтальпии от температуры имеет аналитическое решение, связывающее параметры газа за скачком и перед скачком.

В газе при высоких температурах зависимость энтальпии от температуры является сложной, т. к. при увеличении поступательной температуры часть энергии расходуется на возбуждение внутренних степеней свободы молекул. Зависимость энтальпии газа от температуры вычисляется методами статистической физики и квантовой механики на основе экспериментальных данных об оптических константах молекул, характеризующих собственные частоты колебаний и вращений молекул.

Расчет термодинамических параметров реального газа при высоких температурах требует численного решения системы алгебраических уравнений, связывающих состав газа с температурой и давлением по закону действующих масс через константу равновесия. Сначала должны быть вычислены термодинамические функции компонент воздуха и значения констант равновесия, необходимые для расчета концентрации диссоциированных и ионизированных молекул в зависимости от температуры. Для этого проводились вычисления статистических сумм для внутренних степеней свободы частиц на основе спектроскопических данных. Затем вычислялись состав и термодинамические функции воздуха при различных температурах и давлениях. Методом Ньютона-Рафсона решалась система нелинейных алгебраических уравнений для молярных долей компонент воздуха при каждой температуре и каждом давлении. Учитывалось 10 компонент. Для вычисления теплоемкостей решались две системы линейных уравнений для определения производной от числа молей при постоянном давлении и производных от числа молей при постоянном объеме. По данным решения трех систем и расчетам термодинамических функций компонент вычислялись термодинамические функции воздуха.

Расчеты параметров воздуха за ударной волной на ЭВМ М 2

Для определения газодинамических и термодинамических величин потока воздуха за прямым скачком уплотнения перед телом, входящим в атмосферу Земли численным методом решалась система уравнений (1), дополненная уравнениями состояния с учетом термодинамики реального воздуха

Сначала расчеты проводились на 1 Московской фабрике механизированного счета вручную на «Мерседесах», но вскоре выяснилось, что необходимый объем работы может быть выполнен в срок только при помощи цифровой ЭВМ. В те годы, когда в СССР создавались первые в мире межконтинентальные ракеты, в стране действовала только одна БЭСМ-1, которая вплотную была занята ядерщиками. Необходимые расчеты удалось произвести на создаваемой в лаборатории И.С. Брука ЭВМ М-2 в Энергетическом институте АН СССР. Машина эта разрабатывалась в строгом секрете и ученые соседней лаборатории А.С. Предводителя, проводившие расчеты, узнали о ее существовании благодаря счастливой случайности. Молодые сотрудники ЭНИИ вместе ходили в походы. Сотрудники Брука принесли Т.В. Баженовой в день рождения в подарок баночки с мазью для горных ботинок, завернутые в использованную бумажную распечатку отладочных расчетов на ЭВМ. К этому времени Т.В. Баженова уже имела понятие о том, как получаются подобные распечатки, и секрет их деятельности был раскрыт. Тогда партнеры двух лабораторий обратились к руководству Института и было принято решение провести расчеты на ЭВМ М-2. Руководил эксплуатацией ЭВМ один из создателей этой машины Ю.А. Лавренюк. Разработка ЭВМ М-2 проводилась под руководством М.А. Карцева с участием Т.М. Александриды, В.В. Бельнского, А.Б. Залкинда, Ю.А. Лавренюка, Л.С. Легезо, В.Д. Князева, А.И. Щурова. Правительственное задание было выполнено в срок. Результаты расчетов параметров воздуха за ударной волной немедленно передавались конструкторам из ОКБ С.П. Королева, которые определяли необходимое количество теплозащитного материала.

Результаты расчетов

С учетом термодинамики воздуха проведены численные расчеты параметров потока воздуха за прямым скачком уплотнения при температурах 200-6000 К и начальных давлениях от 1 до 10^{-5} атм. Таблицы составлены для трех значений начальной температуры: 200, 300, 400 К, т. к. температура атмосферы Земли меняется с высотой. Термодинамические параметры воздуха приведены в таблицах для температур за скачком, меняющихся через каждые 100 К. Для каждого значения температуры вычислены скорость УВ, за которой создается такая температура при данном начальном давлении, а также термодинамические параметры (давление, энтальпия, энтропия, скорость звука и эффективный показатель адиабаты). Во второй части таблиц термодинамических функций приведены удельные концентрации продуктов диссоциации воздуха x_i .

Пользуясь таблицами, можно по заданным значениям начального давления и скорости УВ определить параметры диссоциированного воздуха за прямым скачком уплотнения в передней критической точке (рис. 1). Отличие от идеального газа особенно сильно проявляется с уменьшением атмосферного давления на больших высотах полета.

С учетом термодинамики воздуха в 1953 году в Энергетическом институте АН СССР были проведены численные расчеты параметров потока воздуха за прямым скачком уплотнения при температурах 200-20000 К и начальных давлениях от 1 до 10^{-5} атм. Впоследствии таблицы были пересчитаны в ВЦ АН СССР и изданы в 1962 году [1-4].

Параметры воздуха в области за отошедшей УВ рассчитаны численными методами [5]. Расстояние отхода ударной волны δ от передней критической точки тела с радиусом кривизны r_0 может быть аппроксимировано формулой $\delta/r_0 = 0,78 \rho_0/\rho_1$, где ρ_0 и ρ_1 - плотности воздуха до скачка и после скачка. С помощью таблиц газодинамики величину ρ_0/ρ_1 можно выразить через высоту H и скорость полета тела v_0 . Эта связь аппроксимируется следующими выражениями:

при $20 \leq H \leq 80$ км, $S \leq v_0 \leq 9$ км/с,

$$\delta/r_0 = 0,08 \exp(-0,083(v_0 - 3) - 3 \cdot 10^4(H - 22,2));$$

при $0 < H < 30$ км, $2 < v_0 < 7$ км/с,

$$\delta/r_0 = (H + 1)/v_0 \exp(1,14 \cdot 10^4 v_0 + B(H));$$

$$B(H) = 1,48 \cdot 10^{-2} H^2 - 0,412 H + 5,37 \quad \text{при } 0 \leq H \leq 15 \text{ км,}$$

$$B(H) = 3,97 \cdot 10^{-4} H^2 - 0,78 H + 3,6 \quad \text{при } 15 \leq H \leq 30 \text{ км.}$$

Сжатый и нагретый УВ воздух вытекает из области вблизи передней точки тела в боковую область. При этом поток расширяется и охлаждается. УВ ослабляется волнами разрежения и превращается в косой скачок уплотнения, который поворачивает набегающий поток параллельно образующей конуса. Повышение температуры и давления за косым скачком незначительно, но скорость потока относительно тела за косым скачком в отличие от прямого скачка становится соизмеримой со скоростью набегающего потока. Распределение температуры по нормали к оси конуса неоднородно, т. к. вблизи стенки движется слой изэнтропически расширяющегося нагретого газа из области за прямым скачком, а на некотором расстоянии от стенки он сливается с потоком, прошедшем через косую УВ. Численный расчет обтекания затупленных конусов реальным воздухом с помощью таблиц термодинамики выполнен методом характеристик. Результаты расчета приведены в таблицах [6].

Пользуясь таблицами [1-4] можно по заданным значениям начального давления и скорости УВ определить параметры воздуха за прямым скачком уплотнения в передней критической точке (рис.2).

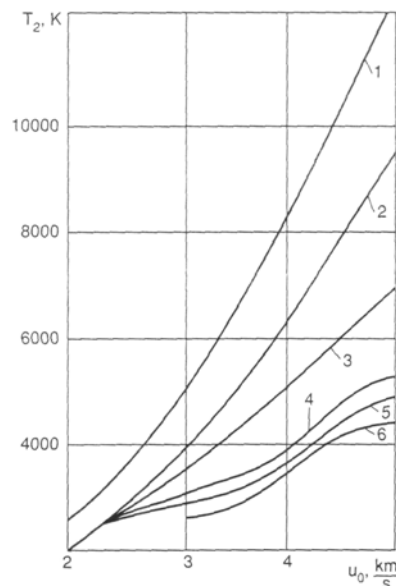


Рис. 2. Температура воздуха за головной ударной волной при движении тел в атмосфере в зависимости от скорости. 1 – идеальный газ, 2 – учет возбуждения колебаний, 3-6 – учет диссоциации и ионизации на высотах от 0 до 80 км

При спуске по баллистической траектории с изменением высоты от 80 до 15 км скорость медленно уменьшается от 6,7 до 6,1 км/с. Температура за скачком растет с увеличением атмосферного давления от 5400 до 8000 К. Отличие от идеального газа особенно сильно проявляется с уменьшением атмосферного давления на больших высотах полета. Расчет для идеального газа давал значения температуры 15 000 К независимо от высоты. Полученная информация позволила значительно снизить необходимое количество теплозащитного материала, что обеспечивало решение проблемы теплозащиты межконтинентальной баллистической ракеты.

Список литературы

1. Предводителей А.С., Ступоченко Е.В., Плешанов А.С., Самуйлов Е.В., Рождественский И.Б. Таблицы термодинамических функций воздуха для температур от 6000 до 12000 К и давлений 0,00001 до 100 атмосфер для температур от 12000 до 20000 К. М.: Изд. АН СССР, 1957.
2. Предводителей А.С., Ступоченко Е.В., Плешанов А.С., Самуйлов Е.В., Рождественский И.Б. Таблицы термодинамических функций воздуха для температур от 12000 до 20000. К и давлений от 0,001 до 1000 атмосфер. М.: Изд. АН СССР, 1958.
3. Предводителей А.С., Ступоченко Е.В., Плешанов А.С., Самуйлов Е.В., Рождественский И.Б.. Таблицы термодинамических функций воздуха. Ч. 1 - для температур от 200 до 6000 К и давлений 0,00001 до 100 атмосфер. М.: ВЦ АН СССР, 1962
4. Предводителей А.С., Ступоченко Е.В., Рождественский И.Б., Самуйлов Е.В., Плешанов А.С.. Таблицы газодинамических и термодинамических и величин потока воздуха за прямым скачком уплотнения. Ч. 1,2 и 3. М.: ВЦ АН СССР, 1962
5. Белоцерковский О.М.. Обтекание затупленных тел сверхзвуковым потоком газа .М.: ВЦ АН СССР, 1968
6. Лунев В.В., Магомедов К.М., Павлов В.Г. Гиперзвуковое обтекание притупленных конусов с учетом равновесных физико-химических превращений. М.: ВЦ АН СССР, 1968

Всеволод Сергеевич Бурцев и создание систем ПРО: начальный этап

Лисовский И.М.
ветеран ИТМиВТ

Vsevolod Sergeevich Burtsev and an Anti-Missile Defense Sistem Establishment: the Initial Stage

Lisowski I.

Lebedev Institute of Precision Mechanics and Computer Engineering, Russian Academy of Sciences

Сергей Алексеевич Лебедев с 1950 года после создания им цифровой малой электронной счётной машины (МЭСМ) в Киеве продолжил в Институте точной механики и вычислительной техники (ИТМиВТ) в Москве работу по изготовлению новой электронной цифровой вычислительной машины с большим быстродействием – БЭСМ-1.

Огромный потенциал учёного, приобретённый опыт конструирования и настройки МЭСМ давал С.А. Лебедеву свободу и ориентацию в дальнейшей проектной работе, отличающейся беспрецедентной степенью логической сложности и возрастающей интеграции аппаратуры и программного обеспечения. Подходы и методы разработки оставались киевскими: ставка делалась на молодёжь. В июне 1950 года в ИТМиВТ для прохождения производственной практики прикомандированы студенты МЭИ В.С. Бурцев, В.А. Мельников, В.П. Смирягин, В.Н. Лаут, А.Г. Лаут, А.Н. Зимарев, А.С. Фёдоров. Образована группа, в которую вошли также молодые специалисты Института П.П. Головистиков и К.С. Неслуховский. Этой группе было поручено предварительное макетирование. Каждый получил конкретное инженерное задание. В.С. Бурцев макетировал блок управления командами, В. А. Мельников – блок центрального управления операциями, П.П. Головистиков – арифметическое устройство и т. п. В сентябре 1950 года прикомандированные студенты были оформлены сотрудниками ИТМиВТ, а в марте 1951 года все успешно защитили свои дипломные работы, результаты которых легли в основу эскизного проекта будущей машины БЭСМ АН СССР.

В своих рассказах об успехах бывших студентов-практикантов Сергей Алексеевич все больше стал выделять В.С. Бурцева. К тому времени он предложил новую схему триггера, менее быстродействующую, но более надёжную, разработал очень хорошие настроечные тесты; никто так быстро не мог находить и устранять неисправности, как В.С. Бурцев, и, вообще, он быстро самоутвердился и вырвался вперёд. Сергею Алексеевичу нравилось, что В.С. Бурцев пришёл в ИТМиВТ со сложившимся характером. Одной из основных его черт было стремление к самовыражению. Всеволод Сергеевич был эксцентричен и непредсказуем, в то же время добр, спокоен. Однако в любую минуту он мог выкинуть какой-нибудь фортель, шокировать поступками, лишёнными всякой логики. Главной движущей силой его деятельности было любопытство: «ужасно интересно всё то, что неизвестно»; занявшись изучением какого-либо вопроса, подходил к нему аналитически, старался все детально разобрать и хорошенько рассмотреть со всех сторон; поглощённый этим занятием иногда бывал назойливым и нетактичным. Он терпеть не мог всяческих рамок и ограничений, сроков и обязательств, что иногда приводило к осложнениям в отношениях с коллегами по работе и заказчиками. Не любил лицемерия и ханжества. Был чужд всяких предрассудков. Может быть, для него смысл имела лишь та жизнь, которая прожита ради других и оставила после себя след, замеченный и оцененный другими.

«Почему первые люди отпали от Бога?» – спрашивал Сергей Алексеевич и отвечал: – «не хватило характера!». Сергей Алексеевич всегда заботился о моральном климате в коллективе, чтобы ничего не отвлекало и не раздражало в окружающей обстановке, и вдруг обнаружил, что в коллективе не один лидер, а два: В.С. Бурцев и В.А. Мельников. Известно, как порой сложно складываются отношения между людьми, которые от природы наделены качествами лидера. Как поступить? Решение пришло само собой. Алексей Андреевич Ляпунов любил выходить в одну смену с В.С. Бурцевым для отладки своих программ на БЭСМ-1. Однажды ночью Ляпунов получил какой-то гениальный результат, как он считал, и его надо было перенести из оперативной памяти на ртутных трубках на магнитный барабан, опечатанный КГБ и содержащий секретные результаты дневных работ. Ляпунов уговорил Бурцева записать свой гениальный результат на магнитный барабан, что Бурцев выполнил, но в его смену при устранении неисправности на стойке управления барабаном была сорвана печать. Разразился скандал. Смена Бурцева была расформирована, а сам он был лишён допуска и права эксплуатации БЭСМ-1. Отстранить от работы самого энергичного и подающего большие надежды сотрудника для Сергея Алексеевича было невозможно. Он предложил В.А. Мельникову заняться разработкой сверхмощных универсальных машин, а В.С. Бурцеву – разработкой спецвычислителей по оборонной тематике в НИИ-17¹.

Всеволодом Сергеевичем для НИИ-17 (по заданию Главного конструктора Тихомирова) были созданы ламповые цифровые электронные машины «Диана-1» и «Диана-2», которые использовались для практической

¹ ОАО «Научно-исследовательский институт приборостроения имени В.В. Тихомирова» – головное российское научно-исследовательское предприятие по разработке систем управления вооружением самолётов-истребителей и мобильных зенитных ракетных комплексов. Основано в 1955 г.

отработки съёма координат с радиолокационных станций, их обработки и выдачи команд управления самолет-перехватчиком. Перевод координат в цифровой вид, селекцию данных, построение траекторий осуществляла «Диана-1», а решение задач перехвата и выдачу команд управления – «Диана-2». В 1956 году на испытаниях под Курском было подтверждено, что разработанные В. С. Бурцевым и его коллегами электронные машины правильно указывают летчику направление захода на цель и курс, на котором можно наилучшим образом её расстреливать. Это было эпохальным научным достижением, и В.С. Бурцев представил эту работу в качестве кандидатской диссертации, а Учёный Совет единогласно рекомендовал признать её докторской. Своей самоотверженной работой и безусловными научными достижениями Всеволод Сергеевич завоевал доверие академика С.А. Лебедева и стал его надёжным помощником в создании высокопроизводительных управляющих и информационных комплексов для объектов ПВО, ПРО и центров контроля космического пространства.

Эпоха создания противоракетной обороны (ПРО) страны началась в августе 1953 года, когда семь маршалов вооружённых сил обратились в ЦК КПСС с просьбой «поручить промышленным министерствам и их институтам приступить к разработкам средств борьбы с баллистическими ракетами дальнего действия, являющимися основными носителями ядерных зарядов к стратегическим объектам страны. Поддерживали обращение: Н.Д. Яковлев, Г.Ф. Байдуков, А.А. Космодемьянский, В.А. Котельников, С.П. Королев, Ф.В. Лукин. Григорий Васильевич Кисунько, ссылаясь на предварительные расчёты, назвал параметры, которых необходимо добиться от радиолокационных станций и утверждал, что они вполне достижимы.

Под тематику системы ПРО в составе КБ-1 было создано специальное конструкторское бюро – СКБ-30. Расширена кооперация для создания средств, решающих научно-технические задачи, в том числе ИТМиВТ АН СССР по техническому заданию КБ-1 была поручена разработка цифровой универсальной быстродействующей вычислительной машины. В марте 1956 года был защищён Эскизный проект экспериментальной (полигонной) системы «А». Были выданы исходные данные Минобороны на строительство Государственного научно-исследовательского испытательного полигона (ГНИИП-10) в казахской пустыне Бетпак-Дала (голодная степь), расположенной между нижним течением рек Сарысу и Чу, и западным берегом озера Балхаш. 17 августа 1956 года появилось Постановление Совета Министров СССР с определением полной кооперации по созданию экспериментального комплекса ПРО и противоракетного полигона. Главным конструктором системы 3 февраля 1956 года был назначен член-корреспондент АН СССР, Герой Социалистического труда Григорий Васильевич Кисунько. Директор ИТМиВТ академик С.А. Лебедев получил возможность выдать задание на разработку вычислительной машины под названием М-40 для системы «А». Задание получили две группы разработчиков. Одна возглавлялась В. С. Бурцевым, вторая – Г.И. Гришаковым. Обе группы выполнили свои задания, в 1958 году было готово два экземпляра машины М-40, изготовленных Загорским электромеханическим заводом.

В 1958 году в машинном зале на 40-й площадке полигона вблизи озера Балхаш, неподалеку от железнодорожной станции Сары-Шаган, была установлена первая М-40, разработанная при непосредственном участии Всеволода Сергеевича Бурцева, и начаты её автономные испытания. Здесь же в помещении выше располагалась Центральная индикаторная станция (ЦИС), которая, по существу, являлась командным пунктом ГНИИП-10. В процессе автономных испытаний была создана модернизированная машина М-50, обеспечивающая выполнение операций над числами с плавающей запятой и установлена в машинном зале. Опыт разработки Всеволодом Сергеевичем «Дианы-1» и «Дианы-2» позволил ему создать высокопроизводительную вычислительную сеть, включающую малые вычислительные машины радиолокационных станций, радиолокатора противоракеты, М-40 и М-50. Было автоматизировано управление всеми боевыми процессами. Главной стала вычислительная машина и реализованная в ней боевая программа. Информация от радиолокаторов поступала асинхронно по дуплексным радиорелейным линиям связи (такие линии связывали объекты, находящиеся на расстоянии от 100 до 200 км.). Для её обработки Всеволод Сергеевич впервые ввёл развитую систему прерываний в М-40 и М-50 и впервые же в Советском Союзе разработал устройство приёма и передачи данных с использованием принципа работы мощного мультиплексного канала.

С августа 1959 года начались пуско-наладочные работы с участием всей вычислительной сети системы «А», радиорелейных линий связи, станции дальнего обнаружения (СДО) «Дунай-2» В.П. Сосульникова, радиолокаторов точного наведения (РТН) Г.В. Кисунько, пусковой установки противоракеты В-1000 И.И. Иванова. Настало время принятия самых ответственных решений о готовности вычислительных средств и программ к комплексным работам в системе. Прежде всего, потому, что по предварительным расчётам для построения пролонгированной траектории баллистической ракеты при отдельной обработке каждого измерения дальности от трёх РТН, не хватало мощности одной вычислительной машины. Предлагалось применить три машины отдельно для РЛС, РТН и средств наведения противоракеты (ПР), а, следовательно, должна бы быть и четвёртая, обеспечивающая работу этих трёх. Главный конструктор М-40 С.А. Лебедев подпал под общее настроение и обратился к своим сотрудникам (сотрудником Сергея Алексеевича считался тогда и начальник отдела программистов полигона Александр Федорович Кулаков, который стажировался в ИТМиВТ, был совсем молодым, но уже старшим лейтенантом-инженером) с вопросом: – «Как быть?»

Уникальнейший человек, высокопрофессиональный научный сотрудник ИТМиВТ, математик и один из пионеров программирования в СССР, кандидат физ.-мат. наук Евгений Алексеевич Волков доказал, что не будет большой погрешности в расчёте пролонгированной траектории цели, если вводить и обрабатывать сразу группу данные от РТН, используя специальный сумматор на входе М-40. При этом хватит и быстродействия и памяти одной машины. С.А. Лебедев согласился с Е.А. Волковым и принял решение выходить на испытания системы «А» с одной машиной М-40.

Под руководством Л.Н. Королева (математик, программист, ныне член-корр. РАН) группа программистов – выпускников мехмата МГУ, в которую входили Ю.М. Барабошкин, Д.Б. Подшивалов, Г.Г. Рябов, А.М. Степанов, разработала общую боевую программу системы «А» (мозг системы) - управляющую программу, которая обеспечивала автоматическое управление в реальном масштабе времени десятком сложных объектов, удаленных на большие расстояния; программы функционального контроля, а также готовили к самостоятельной работе программистов полигона. Они также принимали активное участие в доработках общей боевой программы по повышению надежности её функционирования, устойчивости к сбоям и отказам вычислительных средств системы.

Программисты ИТМиВТ и полигона внесли существенный вклад в создание экспериментальной системы «А». В течение мая – ноября 1960 года имитировались пуски по условным целям в замкнутом контуре. Особенно успешной была комплексная работа 24 ноября 1960 года. Этот успех после многих усилий позволял талантливому Г.В. Кисунько и его научному коллективу СКБ-30 КБ-1 предвосхищать победу и она, конечно, близилась. В январе 1960 года завершились работы на Московском комплексном стенде (МКС 1958-1959 гг.). Все специалисты, участвовавшие в обеспечении работ на стенде, уехали на полигон.

4-го марта 1961 года начальник 1-го Управления полигона Або Сергеевич Шаракшанэ доложил Григорию Васильевичу Кисунько о готовности всех служб к работе. Прошла программа функционального контроля. Последовательно по громкоговорящей связи прозвучали команды готовности. Вдруг в машинном зале вышла из строя («взорвалась») лампа, обеспечивающая управление оперативной памятью. В.С. Бурцев предусмотрел тренировку ламп и горячий блочный резерв. Дежурившие офицеры быстро заменили неисправный блок. Григорий Васильевич дал команду перезапустить программу. В боевой программе была предусмотрена периодическая запись на магнитный барабан промежуточных данных, необходимых для возобновления работы программы в случае сбоя или неисправности. Благодаря отличному знанию программы и спокойной ориентированности в создавшейся обстановке Андрей Михайлович Степанов за считанные секунды, произведя необходимые манипуляции на пульте машины, перезапустил программу во время боевой работы системы. По командам от М-40 был произведён пуск противоракеты В-1000 и её подрыв на высоте 25 км. Головная часть баллистической ракеты Р-12 развалилась на куски. Главный конструктор Г.В. Кисунько сразу отреагировал поэтическим экспромтом на это событие:

Мне не забыть, как ранним мартом
в машине нашей цифровой
за три минуты перед стартом
произошел случайный сбой.
Но в тот же миг машину эту
мы вновь пустили, чуть дыша,
и всё же сбили мы ракету
над диким бегом Балхаша!

Успех был обеспечен исключительно добросовестным отношением к выполнению заданий многотысячного коллектива, заброшенного в эту щебневую голодную степь. Условия жизни здесь первые годы были ужасными: летом в тени +40 градусов, зимой минус 40 – при ветре 12–15 метров в секунду; размещались в деревянных бараках, «удобства» – под открытым небом; снег – с конца ноября, держится 2,5–3 месяца. Эту забытую Богом землю избегали даже коренные жители казахи-кочевники, которые лишь дважды в году, весной и осенью, перегоняли через Бетпак-Дала свои стада. Никого не манила эта вечно унылая, лишь ранней весной оживающая пустыня. В среде семейных офицеров бытовали иронические распежки:

Не видел хуже я дыры,
чем эти самые Сары,
и каждый, Родину любя,
тихонько думал про себя:
да, с милой рай и в шалаше,
но... только не на Балхаше!

Всеволод Сергеевич Бурцев, как и все на полигоне, стойко переносил лишения и тяготы. Требовались колоссальные усилия и самоотдача, чтобы не впасть в отчаяние. «Каждый долгом своим дорожил и гордился своим полигоном, где ковался для Родины Щит» (Главный конструктор Г.В. Кисунько). В.С. Бурцев, кроме решения профессиональных проблем, занимался устройством быта своих подчинённых, их отдыха, спортивных занятий, в которых и сам участвовал. За время пребывания на полигоне он проявил недюжинные организаторские способности, создал исключительно благоприятный климат в коллективе и во взаимоотношениях с Главным конструктором системы «А». Академик С.А. Лебедев, посещая полигон, убедился, что В.С. Бурцев полностью обеспечивает выполнение возложенных на него обязанностей, а он сам может больше внимания уделить проблемам, возникающим в ИТМиВТ.

В ускорении работ на экспериментальной системе «А» значительную роль сыграло создание Московского комплексного стенда. Здесь и пригодилась вторая машина М-40, в разработке которой принимала участие группа Г.И. Гришакова. Здания ОКБ-30 и ИТМиВТ были связаны 6-й радиорелейной линией (5 были задейст-

вованы на полигоне). В зданиях, кроме М-40, поместили аппаратуру радиолокаторов точного наведения, автопилота, рулевых машинок и, сначала аналоговой, а затем электронной модели, первой в мире скоростной противоракеты В-1000, созданной специально для системы «А» МКБ «Факел», которым руководил П.Д. Грушин. В память М-40 вводилась необходимая информация для полунатурного моделирования процесса наведения противоракеты: отработки алгоритма контура управления ПР и программ обработки информации, формирования и выдачи в каналы связи команд управления противоракетой, и для обеспечения комплексного функционирования экспериментальной системы «А». Началась отладка ряда сложных целевых алгоритмов и выявление сотни нестыковок, ошибок в аппаратуре и алгоритмах. Почти вся наземная аппаратура системы «А» перед отправкой на полигон отлаживалась на МКС. Только благодаря Московскому комплексному стенду и предпринятым Бурцевым мерам повышения надёжности радиоламп и созданному им горячему резерву в машинном зале стало возможным ускорить создание экспериментальной системы «А» осуществившей 4 марта 1961 года успешный перехват и уничтожение головной части баллистической ракеты. Соединенные Штаты Америки такого результата смогли добиться только 23 года спустя, 10 июня 1984 года.

Успешное решение задачи создания средств и методов борьбы с баллистическими целями в годы «холодной войны» имело колоссальное политическое значение. Главный конструктор Г.В. Кисунько и начальник полигона С.Д. Дорохов доложили о результатах Первому секретарю ЦК КПСС Н. С. Хрущеву, который с гордостью и в свойственной ему манере оповестил об этом наших противников. ЦК КПСС и Правительство высоко оценили усилия ученых и инженеров. Группа ведущих конструкторов во главе с Г. В. Кисунько, включая С.А. Лебедева и В.С. Бурцева, была удостоена Ленинской премии за 1966 год.

В. С. Бурцев предлагал использовать проверенные технические решения на полигоне в последующих разработках, в которых принимал участие. Так они были отражены в 1960—1961 гг. в аванпроекте машины 5Э92 и в документации на 5Э92б. После обсуждения структуры машины в своей группе, в которую входили: Е.А. Кривошеев, Ю.Х. Сахин, В.Я. Горштейн, Л.Н. Назаров, И.К. Хайлов, Д.Б. Подшивалов, Ю.Н. Никольская и другие, посоветовавшись с С.А. Лебедевым, Бурцев, как заместитель Главного конструктора, принял решение, что блок должен быть элементом замены и содержать 30 ячеек, полностью на полупроводниковых интегральных схемах, разработанных и производимых в НИИ молекулярной электроники и на заводе «Микрон». Машина 5Э92б должна иметь два процессора, работающих на одну общую оперативную память. Быстродействие первого должно было составлять 500 тысяч операций в секунду, второго – 37 тысяч операций в секунду. Представление чисел с фиксированной запятой, разрядность 48, ёмкость оперативной памяти 32 тысячи слов, основной цикл работы 2 мкс. Второй процессор предназначался для управления работой 4-х магнитных барабанов по 16 тыс. слов каждый и 16-ю магнитными лентами, а также обеспечивать работу с 28-ю телефонными и 24-мя телеграфными дуплексными каналами связи. В зависимости от решаемых задач комплекс 5Э92б мог состоять из 1, 2, 3, 4 или 8-ми машин. Здесь, впервые в Советском Союзе, В. С. Бурцев реализовал принцип многопроцессорности и внедрил новые методы управления внешними запоминающими устройствами, которые позволяли осуществлять одновременную работу нескольких машин на единую внешнюю память. Реализация такой структуры и принципов обеспечила:

- первенство электронных цифровых вычислителей на «интегралках», как любовно называл их С. А. Лебедев;
- двухпроцессорный комплекс с общим полем оперативной памяти;
- аппаратный контроль исправности устройств;
- возможность создания мощных систем с общим полем внешних запоминающих устройств;
- возможность автоматического скользящего резервирования машин,
- развитую систему прерываний с аппаратным и программным приоритетом,
- работу с удаленными объектами по дуплексным телефонным и телеграфным линиям.

Проведенная в 1965 году модернизация этих машин дополнила их возможности:

- мобильностью вычислительных систем для работы в тяжёлых условиях эксплуатации;
- числами с плавающей запятой;
- виртуальной памятью;
- мультипрограммным и многозадачным режимом работы с аппаратной поддержкой защиты по оперативной памяти и каналом обмена с внешней памятью.

Программное обеспечение включало специальное математическое обеспечение реального времени, развитую систему тестовых и диагностических программ, существенно использующих аппаратный контроль и позволяющих определить неисправный блок.

Преимущества этой машины по сравнению с ранее разработанной М-40 значительны. Модернизированный трехмашинный вычислительный комплекс с общим полем внешней памяти в настоящее время эксплуатируется на Крайнем Севере. Изучался опыт ввода и эксплуатации этих машин на многих объектах стратегического назначения и в вычислительных центрах.

В 1972 году В.С. Бурцев, В.И. Рыжов, и А.С. Крылов были удостоены Государственной премии СССР за разработку машин 5Э92б и их серийного варианта 5Э51.

Ангстрем – лидер советской МОП микроэлектроники

Малашевич Б.М.
ОАО «Ангстрем»
mbm@angstrem.ru

Angstrem: the Leader of the Soviet MOS-Microelectronics

Malashevich B.
Angstrem

НИИ Точной технологии с опытным заводом «Ангстрем»

25 июня 1963 г. приказом председателя Госкомитета по электронной технике А.И.Шокина в создаваемом в Зеленограде Центре микроэлектроники (ЦМ) был образован НИИ-336, получивший одновременно открытое наименование «Научно-исследовательский институт Точной технологии» (НИИТТ). Как и весь ЦМ – НИИТТ предназначен был стать отраслевым инновационным центром. Его основными задачами были создание принципиально новых тогда изделий – гибридных интегральных микросхем (ГИС), разработка и отладка на опытно-производстве технологий их производства и передача для массового тиражирования на серийные заводы страны. В соответствии с этими задачами приказом №87 Министра от апреля 1964 г. с 1 мая при НИИТТ был образован опытный завод «Ангстрем», работавший первые годы, как и НИИТТ, на временных площадях. Основателями и первыми руководителями НИИТТ были главный инженер (сначала исполняющий и обязанности еще не назначенного директора) А.К. Катман, директор В.С. Сергеев и директор Ангстрема – С.Д. Папава. К концу 1963 года на предприятии работало уже более 100 сотрудников.

В 1963 г. в соседнем НИИ Микроприборов (НИИМП), образованном годом ранее, был разработан микро-миниатюрный радиоприемник, названный – «Микро». Этот радиоприемник, выполненный по тонкопленочной гибридной технологии, был первым в стране конечным продуктом микроэлектроники. С 1964 г. он производился «Ангстремом» и поставлялся в розничную торговую сеть. Это было первое изделие микроэлектроники, экспортируемое Минэлектронпромом в Европу. Вот как вспоминает о нем первый директор НИИМП И.Н. Букреев: *«Первая модель “Микро” была приемником прямого усиления, а вторая, чуть больше по размерам, уже супергетеродинным. У него была очень острая настройка и, так как в СССР радиостанций было тогда на средних и длинных волнах совсем мало, это казалось недостатком. Но когда в 1964 году я привез этот приемник в США на съезд радиоинженеров, он произвел там мировую сенсацию! Статьи в газетах, фотографии: как СССР смог нас обогнать? ... в Нью-Йорке, где было около 30 местных радиостанций, острая настройка нашего приемника пришла в самый раз. “Микро” продавали потом за валюту также во Францию, Англию, и везде там за ним в 60-е годы очереди стояли. В общем, “Микро” стал первой сенсацией для руководства. Хрущев брал их с собой за границу как сувениры, дарил Г. Насеру, королеве Елизавете...»*. «Ангстрем» выпустил их около 80 тыс. шт., после чего передал заводу Минрадиопрома в Минске. До середины семидесятых годов микроприемник «Микро» можно было купить в магазинах СССР и Франции.

В 1964 г. НИИТТ приступил к разработке первой серии ГИС «Тропа», главный конструктор (ГК) А.К. Катман. В зарубежном мире тогда была известна всего лишь одна серия ГИС – «SLT-модули» ф. IBM, анонсированные ею в 1964 г. Но образцов в СССР еще не было, фирма тогда использовала модули только для своих ЭВМ новой системы «IBM-360». Приступая к разработке ИС «Тропа» специалисты НИИТТ имели журнальные презентационные фотографии STL-модулей и опыт разработки и применения микромодулей по прежним местам работы (А.К. Катман ранее в КБ-1 занимался микромодулями и другими проблемами миниатюризации аппаратуры), которые были прототипом и американских, и зеленоградских ГИС. Этим определяется их внешнее сходство. Технический уровень ГИС «Тропа» и «STL-модулей» был практически одинаков и определялся уровнем интеграции до 20–50 элементов.

Первым серьезным испытанием серии было создание на основе «Тропы» бортового компьютера «Аргон-11С» (тогда это называлось БЦВМ – бортовая цифровая вычислительная машина), созданного в московском НИИ Электронных машин (НИИЭМ, затем НИИ «Аргон»). ГИС «Тропа» были первыми в мире микросхемами, совершившими вояж вокруг Луны и вернувшимися на Землю (в составе космического аппарата «Зонд-7»). Впоследствии «Тропа» широко применялась в многочисленных электронных устройствах и системах, в частности в управлении рядом космических аппаратов, совершивших экспедиции к планетам Солнечной системы. Нашла она активное применение и в первом зеленоградском бортовом компьютере «Салют» для космических систем, разработанном в НИИМП (ГК Г.Я. Гуськов). Модули памяти для «Салюта» были разработаны в НИИТТ и производились заводом «Ангстрем». Последовавшие за «Тропой» серии ГИС «Трапеция», «Терек», «Посол», «Тактика» и др., также соответствовали мировому уровню.

В 1964–1965 гг. в НИИТТ была разработана и отлажена на «Ангстреме» базовая технология изготовления толстопленочных ИС. Разработка включала формирование соответствующих заданий НИИТМ, НИИМВ и другим предприятиям отрасли на создание нового оборудования и материалов с последующей их отладкой в технологическом процессе. Эта базовая технология была внедрена на многих серийных заводах отрасли. В последующем НИИТТ и «Ангстрем» создали немало базовых технологий промышленного производства гибридных и

полупроводниковых ИС, а также корпусов для микросхем, внедренных на серийных заводах отрасли.

В 1965 г. были разработаны основные технологические процессы, позволившие в 1966 году впервые в стране получить МОП-транзистор (следует отметить, что словосочетания «впервые в стране» и «впервые в мире» применимы ко многим разработкам, выполненным в НИИТТ и освоенным Ангстремом). Тогда же были начаты работы по созданию КМОП приборов, а в 1967 г. были созданы первые в стране КМОП ИС. Показанные в 1968 году на выставке в Париже изделия предприятия вызвали удивление у зарубежных специалистов, твердо уверенных, что ничего подобного в СССР быть не может.

Создание научно-производственного комплекса «НИИТТ и завод «Ангстрем»» завершилось в 1968 году. К этому времени заводом было уже выпущено 600 тысяч интегральных схем, а технологии их производства переданы более чем на 100 предприятий отрасли и стран СЭВ. В этот период институтом были выполнены основополагающие исследования в области пленочных технологий, материалов и технологических процессов, разработаны и освоены в производстве бескорпусные транзисторы, диодные матрицы, полупроводниковые интегральные схемы, расширены работы по созданию схем на МОП-структурах, разработана технология и освоен выпуск ИС с жесткими выводами, развивались работы по машинному проектированию. Этапным в развитии предприятия стал 1972 год, когда было освоено новое направление – многослойные ИС «Талисман». Технология создания этих схем не имела мировых аналогов. Она обеспечивала резкое уменьшение габаритов и повышение быстродействия схем. Позже эта технология получила развитие при изготовлении многослойных керамических плат для устройств специальной техники.

К концу 1973 года на предприятии уже было выполнено 290 научно-исследовательских работ, создано и освоено в производстве более 200 типов ИС. 861 сотрудник был награжден орденами и медалями, восемь из них стали лауреатами Государственной премии СССР. В юбилейном 1973 году на предприятии были разработаны и внедрены в производство базовые технологические процессы изготовления полупроводниковых ИС и БИС, в результате НИИТТ и Ангстрем осуществили плавный переход от гибридных ИС к полупроводниковым. Одним из главных направлений деятельности стало создание ИС памяти, т.к. именно на них эффективнее отработывались новые полупроводниковые приборы и технологии их производства, а стабильность получения этих схем в мировой практике рассматривалась как признак владения технологиями. Этапными событиями в этом направлении было создание в 1975 г. впервые в стране БИС ДОЗУ 4К бит, а в 1979 г. – 64К бит. На их основе были разработаны первые в стране блоки полупроводниковой электронной памяти «ОЗУ-64К» и «ОЗУ-256К» (по 64К и 256К 16-разрядных слов) для ЭВМ. Они вытеснили ферритовую память. Для страны, для народного хозяйства эффект от их создания был огромен – одна миниатюрная схема заменяла несколько огромных блоков ферритовых запоминающих устройств.

Лидирующая роль НИИТТ в области ИС памяти была закреплена его назначением головным предприятием в отрасли по этому направлению. В качестве головного предприятия, на основе заявок отраслей-потребителей НИИТТ формировал раздел «Память» ежегодного отраслевого плана важнейших работ Минэлектронпрома. При этом заявки подверглись серьезной унификационной обработке с целью оптимизации номенклатуры ИС. С 1976 г. Минэлектронпром приступил к комплексно-целевому планированию развития микроэлектроники по пятилеткам. Одной из таких программ была КЦП «Память», которую, начиная с 1976 г. и до ликвидации Минэлектронпрома в 1991 г., формировал и координировал исполнение НИИТТ.

Создание и освоение КМОП технологии позволило решить две уникальные для того времени задачи:

- в 1973 г. были разработаны и освоены в массовом производстве пять специализированных БИС и первый в стране (второй в мире) микрокалькулятор «Электроника БЗ-04» на их основе,
- в 1974–75 гг., в рамках общей программы Научного центра, была проведена конструктивно-технологическая разработка (архитектуру и схемотехнику разрабатывал Специализированный вычислительный центр – СВЦ) первого в стране унифицированного микропроцессорного комплекта БИС (серия 532, позже переименованная в серию 587).

Микропроцессорный комплект серии 587 обеспечивал возможность построения самых разнообразных устройств обработки данных, с разрядностью, кратной четырем битам: простейших микроконтроллеров, микро-ЭВМ, мини-ЭВМ, многопроцессорных и многомашинных систем и многого другого. Он оказался настолько удачным, что более 30 лет был востребован потребителями.

В те годы наиболее преуспевающей в МОП-технологии компанией была фирма Intel. По сравнению с ней НИИТТ и «Ангстрем» на ведущих направлениях сначала имели незначительное отставание в технико-экономических показателях. Так, ангстремовская схема динамической памяти 4К бит поступила в массовое производство в 1975 году, Intel поставил аналогичную схему в 1974 году. Intel начал выпуск 16К в 1977 году, Ангстрем – в 1978; 64К Intel выпустил в 1979 году, Ангстрем – в том же 1979 году, сделав при этом два варианта (с тремя и одним источниками питания). У Intel себестоимость 4К была около 30 центов, у Ангстрема – 20 копеек за чип (по официальному курсу рубль и доллар тогда были примерно одинаковы). Переход к выпуску сложных полупроводниковых ИС потребовал переоснащения предприятия и создания систем автоматизированного проектирования (САПР) ИС, их топологии и изготовления фотомасок. И такие САПР на предприятии были разработаны, освоены и внедрены на предприятиях отрасли.

Серьезной проблемой в создании как гибридных, так и полупроводниковых ИС было их корпусирование. НИИТТ пришлось взять на себя роль головного предприятия в отрасли, заняться разработкой и организацией производства корпусов интегральных схем, широко используя свой уникальный в стране задел в области толстопленочной технологии ГИС. Потребовалось создание соответствующей нормативной базы, которая была

разработана и внедрена в отрасли в виде комплекса государственных и отраслевых стандартов.

В 1976 году в результате реорганизации Зеленоградского Научного центра в состав НИИТТ влилась большая группа разработчиков ЭВМ из СВЦ. Эта группа принесла с собой новые направления – микропроцессоры, микро-ЭВМ и системы на их основе. Уже в НИИТТ были завершены начатые в СВЦ разработки: микропроцессорных комплектов серий 587, 588 (с НПО «Интеграл», Минск), 1883 (с ф. Роботрон, ГДР), 1802 (с НИИ МЭ и Микроном); микро-ЭВМ «Электроника НЦ-02, -02М, -03Т, -04Т, -05Т»; центра коммутации сообщений «Юрюзань», комплекса вычислительных средств «Связь-1» и др.

В 1979 г. в НИИТТ была разработана и начато производство 16-разрядной однокристальной ЭВМ (в современной терминологии – микроконтроллер) К1801BE1. Одновременно 16-разрядная ОЭВМ К586BE1 была разработана и в ленинградском СКТЬ «Светлана». В отчете по теме «Электроника НЦ-80Т» указано 5 лучших на то время из известных однокристальных ЭВМ. Из них только одна была 16-разрядной – TMS 9940 ф. Texas Instruments. Остальные были 8-разрядные, т.е. более низкой категории. Сравнение К1801BE1 с TMS 9940 приведено в таблице рис. 1. Для своего времени обе наши ОЭВМ по характеристикам были лучше американской.

Таблица 1. Сравнение К1801BE1 и TMS 9940.

Характеристика	TMS 9940	K1801BE1 (НЦ-80Т)	K586BE1 (С5-31)
Разрядность данных, бит	1, 8, 16	1, 8, 16, 32	1, 8, 16
Разрядность АЛУ, бит	8	16	16
Число команд	58	404	132
ОЗУ, бит	128x8	128x16	128x16
ПЗУ, бит	2Кx8	1Кx16	1Кx16
Время сложения, мкс	3,2	3,1	2,0
Уровней прерываний	4	5	3
Ввод-въезд	32 программируемые линии	16 бит магистраль, 32 бит посл. прогр. канал вв/вывода	16 бит магистраль, 5 каналов вв/выв., 8-бит тосл. канал

В течение какого-то времени эти ОЭВМ были предметом гордости Минэлектронпрома: «утерли нос американцам». Но они несколько опередили свое время и практически не нашли применения. Отечественные потребители оказались не готовы к применению 16-разрядной ОЭВМ. Они не пытались применить их по назначению – для локального управления (т.е. в качестве микроконтроллера), а делали на их основе одноплатные ЭВМ. При этом часть устройств, имеющих в кристалле, не находили применения, а ОЗУ даже создавало проблемы, мешая адресации. Поняв все это, в НИИТТ приняли решение о выделении из К1801BE1 однокристального микропроцессора. В результате БИС была переработана, из нее извлекли ОЗУ, периферийные устройства и выпустили в виде однокристального n-МОП микропроцессора К1801BM1 с системной магистралью, совместимой с микро-ЭВМ «Электроника-60», но отличающейся мультипроцессорностью (до четырех процессоров). Был разработан так же базовый матричный кристалл (БМК) К1801ВР1 и более 30 БИС однокристальных контроллеров различных периферийных устройств на его основе со встроенной магистралью. Следом были разработаны более мощные микропроцессоры К1801BM2, BM3 и арифметический сопроцессор BM4. В результате получился уникальный по своим возможностям комплект БИС (серия К1801/К1809), не имевший зарубежных аналогов и получивший огромное применение в народном хозяйстве. В создании этого комплекта активное участие принимало ЛНПО «Светлана» (серия К1809). Затем были выпущены КМОП-варианты этого комплекта (серии 1806, 1836), широко применяемые в специальной технике.

В 1979 г. в рамках темы по созданию К1801BE1 на ее основе было разработано и изготовлено 5 экземпляров того, что позже получило название «персональный компьютер» (ПК) – ЭВМ индивидуального пользования «Электроника НЦ-8010». Один экземпляр 28 октября 1979 г. был подарен министру А.И. Шокину, которому в этот день исполнилось 70 лет. Это был первый в стране ПК, причем полностью на отечественных БИС, с отечественной архитектурой типа «НЦ» (ЭВМ НЦ-02, -02М, -03Т, -04Т, -05Т). Однако вскоре в министерстве было принято решение о прекращении работ по архитектуре НЦ в пользу архитектуры СМ ЭВМ (фирмы DEC, США). ПК пришлось перерабатывать, но уже на основе микропроцессора К1801BM1, в результате родилась ЭВМ «Электроника БК-0010» – первая в стране серийно выпускаемая и наиболее массовая бытовая ЭВМ. Она много лет производилась рядом заводов отрасли, в т.ч. для школьных компьютерных классов. Ее популярность была так высока, что породила многочисленные союзы пользователей, объединившиеся в «Страну БК-манию», ее сайты в Интернете активно действуют до сих пор.

Одновременно с микропроцессором К1801BM1 была разработана одноплатная ЭВМ «Электроника НЦ-80-01Д». Она сыграла две важные роли: использовалась в качестве тестового стенда для проверки и отладки микропроцессора, а так же создавала первое применение микропроцессору, что позволяло сразу же переходить к его серийному производству. ЭВМ выпускалась в массовом производстве несколькими заводами отрасли, нашла широкое применение, в т.ч. стала основой одного из первых массовых отечественных ПК – диалогового вычислительного комплекса «ДВК-1» (термина ПК тогда еще не было). Позже аналогичные одноплатные ЭВМ были созданы на основе микропроцессоров К1801BM2 и BM3, в результате появились ПК ДВК-2, ДВК-3 и ДВК-4.

На основе КМОП вариантов разрабатывались специализированные вычислительные машины и комплексы. В 1977-78 гг. на основе микропроцессорных ИС серии 587 и многослойных керамических плат (дальнейшее развитие толсто пленочной технологии) для системы спутниковой навигации были разработаны и освоены в производстве БЦВМ «Электроника НЦ-04М» (обозначение заказчика – прибор «И-04») и блок памяти для нее «Электроника НУ-04У» (прибор «И-08»). На основе микропроцессора 1806ВМ2 для орбитальной космической станции «Мир» был разработан и поставлен Программируемый модуль обмена ПМО – периферийный процессор для центральной ЭВМ. ПМО проработал на ОКС более 15 лет до ее уничтожения.

Новым этапом в истории предприятия стало создание в 1986 году первого в стране 32-разрядного микропроцессорного комплекта (серия 1839) с архитектурой μ WAX-11/750. Он обеспечивает возможность построения разнообразных высокопроизводительных и высоконадежных ЭВМ и систем, в том числе и с тройным аппаратным мажорированием. Этот комплект получил широкое применение в стране, особенно при создании аппаратуры специального назначения. Он востребован потребителями до сих пор.

Созданная научно-техническая и производственная база позволила в 1981 году приступить к разработке ДОЗУ емкостью 256К бит со степенью интеграции свыше двух миллионов транзисторов на кристалле. Выпуск схемы начался в 1983 году. В том же 1983 году началась разработка ДОЗУ емкостью 1М бит. Для ее производства требовалась технология уровня 1 мкм. Схема была разработана, но выпускать ее было не на чем: имеющиеся на «Ангстреме» чистые помещения и оборудование тогда не обеспечивали одномикронной точности. На своевременно поставленный вопрос о необходимости создания принципиально нового производства с микронными и субмикронными топологическими нормами руководство министерства не отреагировало. В результате оптимальный момент для перевооружения производства был упущен, с чего и началось неуклонное, все возрастающее отставание Ангстрема (и всей отечественной микроэлектроники) от мирового уровня микроэлектроники. Только в 1988 г., совместно с германской фирмой «Meissner & Wurst», было начато строительство нового производственного корпуса, ориентированного на субмикронные технологии. Он был построен, оснащен всем вспомогательным оборудованием. Но ситуация в стране резко изменилась и новый производственный корпус, равного которому нет в стране, до сих пор простаивает.

«Ангстрем» развивался высокими темпами. Так, в 75-80 годах объем производства на заводе вырос в 40 раз, с 1980 по 1985 год – в 10 раз. Другого такого предприятия в Союзе не было. НИИТТ и Ангстрем неоднократно занимали классные места в социалистическом соревновании, награждены орденом Октябрьской революции, 3150 членов коллектива награждены орденами и медалями Советского Союза, 23-м работникам присуждена Государственная премия СССР, присвоено звание Героев социалистического труда первому директору НИИТТ В.С. Сергееву и главному инженеру НИИТТ (позже директору) А.Т. Яковлеву.

Однако начатые в середине восьмидесятых годов в стране реформы прервали эту динамику. Внутренний рынок ИС в стране практически свернулся, хлынул неограниченный поток зарубежных ИС. Перед предприятием встал вопрос «быть, или не быть». «Ангстрем», организация которого была ориентирована на выпуск БИС памяти и микропроцессоров массовыми тиражами, не мог в тех условиях перестроить свое производство на выпуск разнообразной номенклатуры БИС. Пришлось обратить внимание на внешний рынок, прежде всего на бурно развивающуюся Юго-восточную Азию (ЮВА). Здесь в те годы массовыми тиражами выпускались электронные часы, игры и микрокалькуляторы. Были проведены соответствующие маркетинговые исследования, заключены контракты, разработаны и освоены новые БИС. В 1992 г. началась их поставка в ЮВА. С тех пор основной объем разработок и производства (в отдельные годы до 90%) были направлены на экспорт. «Ангстрем» встал в ряд мировых лидеров поставок ИС для микрокалькуляторов, электронных игр и часов, вытеснив таких гигантов, как Samsung. В отдельные годы объем продукции «Ангстрема» на мировом рынке ИС для калькуляторов достигал 95 %. В 1993 г. НИИТТ и «Ангстрем», в результате преобразования в ОАО «Ангстрем», получили полную самостоятельность. К тому моменту «Ангстрем» располагал мощностями для производства кристаллов ИС на пластинах диаметром 100 мм по КМОП, БиКМОП, и n-МОП технологиям с топологическими нормами 1,5-2,0 мкм (фабрика 1).

Успешная деятельность на внешнем рынке позволила Ангстрему:

- Сохранить в кризисные годы основной интеллектуальный и промышленный потенциал предприятия.
- Практически освоить правила и законы мирового рынка и вытекающие из них требования к внутрифирменным порядкам.
- Переструктурировать предприятие в соответствии с требованиями международного стандарта качества ISO 9001, пройти сертификацию на соответствие его требованиям.
- Создать в 1996 г. новое полупроводниковое производство (фабрика 2) на пластинах 150 мм с топологическими нормами 0,8 – 1,2 мкм для производства кристаллов КМОП и БиКМОП ИС
- Сохранить ранее построенный корпус для полупроводникового производства с субмикронными проектными нормами.

ОАО «Ангстрем» <http://www.angstrem.ru>

Сегодня ОАО «Ангстрем» – предприятие полного цикла разработки, производства, сборки, испытаний и сертификации изделий микроэлектроники, электронных устройств и систем на их основе. В его состав входят:

- блок научно-дизайнерских подразделений (дизайн-центры по созданию СБИС, силовых приборов, приборов микромеханики и тепловидения, устройств RFID техники, технологические дизайн-центры, дизайн-центры САПР, измерительных систем и инструментального оснащения),

- блок производственных подразделений (полупроводниковые производства на пластинах диаметром 100 (фабрика 1) и 150 мм (фабрика 2), сборочное производство, аппаратное производство, инструментальное производство, испытательно-сертификационный центр),
- блок вспомогательных подразделений,
- менеджмент.

С 2000 г. ОАО «Ангстрем» сертифицировано на соответствие требованиям международного стандарта ISO 9001 в области: *«Разработка и производство полупроводниковых приборов и интегральных микросхем»*. Ангстрем имеет также все российские сертификаты и лицензии, необходимые для деятельности по созданию изделий микроэлектроники и устройств на их основе

Об организации разработок изделий микроэлектроники в Минэлектронпроме СССР

Малашевич Б.М.
ОАО «Ангстрем»
mbm@angstrem.ru

Organization of Microelectronics Development in the USSR Ministry of Electronic Industry

Malashevich B.
Angstrem

В последнее время выходит масса печатных и телевизионных изданий об истории отечественной науки и техники, о главных конструкторах космических, ракетных, авиационных и иных систем, об их продукции, зачастую превосходящей своих зарубежных современников. Издания достаточно интересные и, безусловно, полезные. Но практически у всех имеется один принципиальный недостаток – они полностью умалчивают о важнейших составляющих этих систем. Так, в фильме о главном конструкторе ракетных систем П.Д.Грушине много внимания уделяется точности поражения ими целей, но ни слова не говорится о том, чем такая точность обеспечивается. Ни о бортовой или наземной системах управления, ни о радиолокаторах, ни о чем ином, где бегают электроны, даже не упоминается. Слова с корнем «электрон» в этом фильме и многих подобных изданиях просто отсутствуют. Из фильма создается впечатление, что эти хитрой конструкции гептиловые бочки умны сами по себе, сами находят и поражают цель. А ведь без электроники в принципе было бы невозможно создание всех тех систем, о которых рассказывают печатные и телевизионные издания. Без электроники ракеты Грушина не только не попали бы в цель, но вообще не полетели бы.

Но разработчики систем управления, радиолокаторов, компьютеров и других радиоэлектронных систем, о которых забывают упомянуть создатели ракет, самолетов и т.п., оказались больны той же болезнью. В подавляющем большинстве, рассказывая о вычислительной технике и иной радиоэлектронике, они забывают о комплектующих изделиях, из которых их аппаратура строится, умалчивают, что именно уровнем развития комплектующих изделий определяется и технический уровень их продукции. А если и вспоминают, то чаще всего для того, чтобы недостатки своих изделий «списать» на пресловутую «отсталость элементной базы». Из всей массы пишущих, пожалуй, только В.В. Пржиялковский (ген. конструктор ЕС ЭВМ) и В.И. Штейнберг (гл. конструктор семейства БЦВМ «Аргон») не забывают достаточно объективно оценить роль элементной базы.

Такая односторонняя подача материалов, на фоне нынешнего подавляющего распространения импортной электроники, создает ложное представление у читателя и зрителя, особенно у молодежи, об уровне развития страны в недалеком прошлом. В результате общество стремительно забывает, что во многих областях науки и техники дореформенного периода наша страна имела весьма высокий уровень развития, временами превосходящий мировой. Первый в мире спутник, первый в мире космонавт были наши. Первое в мире поражение боевой части баллистической ракеты противоракетой с безядерным зарядом (кстати, ракетой «В-1000» П.Грушина) было получено нашей системой ПРО (Система А), американцы отстали на 23 года. И сбита она была благодаря системе управления, полностью отечественной, построенной на основе ЭВМ «М-40» академика А.С. Лебедева. Первая в мире атомная электростанция была наша. Первый в мире атомный ледокол был наш. Первой в мире ЭВМ производительностью более 1 млн. оп/с. была наша КЗ40А (кстати, так и оставшаяся мировым рекордом по производительности среди ЭВМ второго поколения, на транзисторах). Лучшей ЭВМ Восточного полушария в своем поколении была наша БЭСМ-6. Производство интегральных схем в СССР и США началось практически одновременно, в 1962 г. Таких примеров нашего соответствия передовому уровню было огромное количество. В СССР информация о достижениях электроники, как и многих других направлений науки и техники, была в значительной степени засекречена. И тогда население о многих наших достижениях и приоритетах не знало, а в нынешних условиях и то, что было известно, забывается. Это создает у непосвященных, особенно у молодежи, ложное представление, что своей электроники у нас никогда не было. Что совершенно не соответствует действительности.

В 2008 г. в Политехническом музее проходили «Чтения», посвященные 60-летию отечественной информатики, подтвердившие это утверждение. Во вступительном слове генеральный директор Политехнического музея профессор Г.Г. Григорян отметил, что историю информатики следует отсчитывать от первых образцов скальной живописи. Можно с уверенностью утверждать, что без достижений электронной промышленности, и, в особенности, микроэлектроники, информатика недалеко ушла бы от скального уровня. Это утверждение подтверждается и тем, что само понятие «информатика» появилось только после того, как микроэлектроника сказала свое решающее слово.

Именно на состоянии отечественной микроэлектроники мы и остановимся. И прежде всего на уже упомянутом утверждении многих отечественных компьютерщиков и радиоэлектронщиков об «отставании элементной базы». Действительно, большинство изделий микроэлектроники (но далеко не всё) разрабатывалось по зарубежным аналогам, следовательно, появлялись в нашей стране на пару и более лет позже, чем в других развитых странах. В народе этот процесс уничижительно назывался «передиром», официально – «воспроизводением». Но **всегда ли это было, почему и как** это происходило?

Всегда ли это было?

Рождение мировой микроэлектроники состоялось в 1962 г. и связано с началом серийного производства первых полупроводниковых интегральных схем (ИС) фирмами Fairchild (серия «Micrologic»), Texas Instruments (серия «SN-51») в США и Рижским заводом полупроводниковых приборов (полупроводниковой ИС «P12-2» и серии гибридных ИС (ГИС) «Квант» на ее основе) в СССР. В СССР это событие ознаменовалось еще и выходом Постановления ЦК КПСС и СМ СССР о развитии отечественной микроэлектроники и создании ее инновационного центра – Центра микроэлектроники (ЦМ, позже «Научный центр» – НЦ) в будущем Зеленограде [1, 2].

ЦМ создавался практически на пустом месте, располагая сначала только тремя типовыми школьными зданиями. Но уже через два года завод «Ангстрем» выпускал микроприемник «Микро» и первую серию толсто-пленочных ГИС «Тропа», а завод «Элион» приступил к изготовлению вакуумного оборудования. И это было только начало.

На вновь создаваемые предприятия микроэлектроники, и в ЦМ, и в других регионах страны пришли высококвалифицированные инженеры из радиоэлектронных предприятий. Они принесли с собой богатый опыт проектирования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) из дискретных элементов и прекрасно знали, какие функциональные узлы (ячейки) нужны для построения РЭА. Поэтому они четко понимали стоящие перед ними задачи, которые можно сформулировать следующим образом – в виде интегральной микросхемы выполнить те же самые функциональные узлы, которые ранее они выполняли на печатной плате. Иными словами функциональный состав микросхем и их схемотехника были специалистам хорошо известны, проблемы были в конструкции и технологии. Но в этих вопросах никакого отечественного опыта тогда еще почти не было, а о зарубежном опыте, который тоже был еще ничтожно малым, информацию можно было почерпнуть только в редких и скудных публикациях – на свободном рынке микросхем еще не было. Первые полупроводниковые ИС ф. Fairchild и Texas Instruments с 1962 г. поступали только для военных и космических программ, а первые ГИС, анонсированные ф. IBM в 1964 г., использовались ею только для новых ЭВМ системы IBM-360. И это все, что имелося тогда в мире.

В этих условиях и началось создание советской микроэлектроники. Вновь образуемые коллективы сразу приступали к разработкам изделий принципиально нового тогда класса продукции, и, как правило, это им удавалось не хуже, чем их зарубежным коллегам. Вот некоторые примеры отечественных пионерских проектов:

- Первая отечественная полупроводниковая ИС P12-2 и гибридные ИС (ГИС) «Квант» на ее основе [2] имели важные преимущества перед американскими:
 - P12-2 реализовала функцию «2НЕ-ИЛИ» – универсального элемента для построения любых цифровых устройств. Первые американские ИС были триггерами – схемами ограниченного применения.
 - ГИС серии «Квант» были первыми в мире промышленными ГИС, к тому же двухуровневой интеграции (в них использовались полупроводниковые ИС «P12-2»).
 - ИС «P12-2» и ГИС «Квант» сразу же пошли в серийное производство, продолжавшееся более 30 лет, первые американские ИС Дж. Килби и Р. Нойса остались экспериментальными.
- Первое зеленоградское изделие – радиоприёмник «Микро» (рис. 1) был первым в мире функционально законченным изделием потребительской микроэлектроники (конечным продуктом).

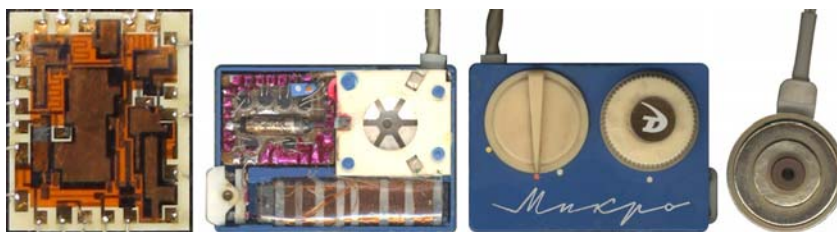


Рис. 1. Радиоприемник Микро и его тонкопленочная печатная плата (слева)

- Первая зеленоградская серия ГИС «Тропа» по уровню не уступала STL-модулям IBM. Она была создана на совершенно иных конструктивно-технологических принципах. Их некоторое внешнее сходство объясняется одинаковым прототипом – плоским микромодулем (рис. 2), которые тогда широко производились и в СССР, и в США.

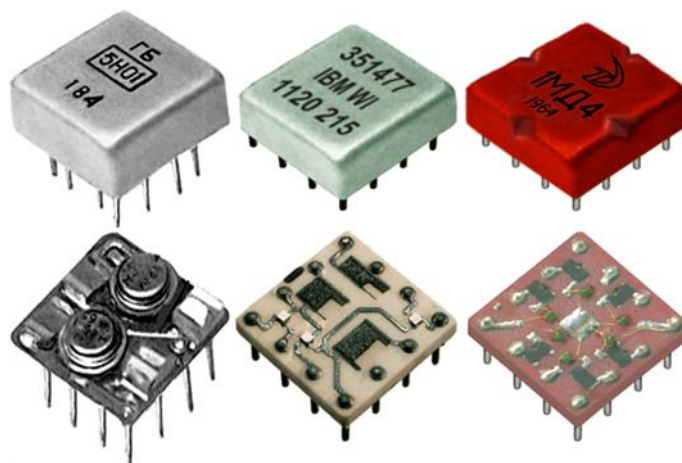


Рис. 2. Плоский микромодуль 5Н01 (СССР), SLT-модуль ф. IBM и ГИС «Тропа» НИИТТ (внизу без крышек)

Список отечественных изделий микроэлектроники первых лет весьма внушительен и характерен тем, что все это, как правило, оригинальные разработки, не имеющие прямых зарубежных аналогов. По техническому уровню они, в основном, либо не уступали зарубежным современникам, либо превосходили их, как ГИС «Талисман» из НИИТТ с многослойным керамическим корпусом, за рубежом тогда еще не известным. Иными словами, отечественная микроэлектроника в первые годы своего существования в целом соответствовала мировому уровню. Однако её золотой век, когда микроэлектронщики могли творить самостоятельно и использовать все свои потенциальные возможности, продолжался не долго.

Почему?

В 2–3 года раскрутив маховик создания микроэлектроники, Минэлектронпром вскоре оказался в кризисной ситуации. На него обрушился огромный шквал заявок на создание и поставку широчайшей номенклатуры ИС. Многие потребители ИС занимались воспроизводством зарубежных образцов РЭА, выпускаемых самыми различными фирмами. И они требовали воспроизводства комплектующих изделий, в т.ч. ИС, примененных в оригиналах аппаратуры. Часто эти требования оформлялись в виде постановлений ЦК КПСС и СМ СССР, обязательных к исполнению. Аналогично поступали и те, кто разрабатывал оригинальную аппаратуру. Они заказывали не ИС с такой-то функцией и такими-то параметрами, а называли зарубежный аналог и требовали в точности его воспроизвести. Так в 1971 г. от потребителей поступило более 3000 заказов на воспроизводство ИС, при возможностях Минэлектронпрома выполнить около 150 разработок. В перспективе такая практика приводила к необходимости воспроизводства всей мировой номенклатуры ИС. А значит к воспроизводству всех многократно дублированных разными фирмами технологий, мирового парка разнообразного (и также многократно дублированного) технологического оборудования (а оно в микроэлектронике очень сложно и очень дорого), особых материалов и т.п. Этот абсурд не по силам ни одной стране, тем более скромному по своим возможностям Минэлектронпрому. Решение этой проблемы могло быть только одно – резкое ограничение непомерных запросов аппаратурщиков до возможностей микроэлектронщиков. Это требовало большой работы с потребителями, фактически постоянных и тяжелых сотрудничества и борьбы с ними. И форма такого «сотрудничества в борьбе» была найдена.

Минэлектронпром перешел на формирование отраслевых планов разработок изделий электронной техники на основе заявок министерств-потребителей. Проводилась ежегодная, так называемая, «заявочная компания». Каждое министерство, разрабатывающее и производящее радиоэлектронную аппаратуру, собирало со своих предприятий заявки на разработки новых изделий электронной техники, проводило их определенную унификацию и оптимизацию и представляло в Минэлектронпром. Общее число таких заявок было весьма внушительно, и Минэлектронпром проводил следующий этап унификации и оптимизации всех поступивших заявок. А в конце года выносил результаты для обсуждения на межотраслевое заключительное совещание, на которое министерства приводили представителей всех заинтересованных предприятий – своих заказчиков. Там все заявки обсуждались, и принималось окончательное решение. В результате количество заявок приводилось к целесообразному и реально выполнимому при удовлетворении потребностей максимального числа заказчиков. Принятые заявки автоматически включались в планы разработок Минэлектронпрома на следующий год. Заявочную компанию по изделиям микроэлектроники проводил ленинградский «Научный центр» – головной в отрасли по микроэлектронике. А проведение заявочной компании по разделу «Микропроцессоры» от их появления и до ликвидации Минэлектронпрома было одной из моих служебных функций. И за все эти почти два десятка лет **ни от одного** из потребителей не поступило **ни одной заявки** на разработку микропроцессора с заданными функциями и характеристиками. **Все** заявки были на воспроизведение конкретных зарубежных аналогов, причем самых различных. То же самое было и по другим разделам: «Память», «Логика», «ЦАП-АЦП» и т.д. Интересный пример – создание ЭСЛ ИС серии 100. Еще к 1969 г. в НИИМЭ была разработана, поставлена на Микроне своя технология производства ЭСЛ ИС и получены первые образцы нескольких оригинальных ИС серии 138.

Но вскоре началась разработка суперЭВМ «Эльбрус» и по требованию ее главного конструктора (подкрепленного постановлением ЦК КПСС и СМ СССР, с которым не поспоришь) НИИМЭ и Микрону было поручено воспроизведение серии MC10000 ф. Motorola. Выпускать две близкие по характеристикам серии ИС было и не целесообразно, и не по силам НИИМЭ и Микрону. В результате развитие оригинальной серии K138 пришлось остановить и, в угоду заказчику, делать аналоги уже давно выпускаемых MC10000 (серия 100), уступающих серии K138 по быстродействию (важнейший для ЭСЛ ИС параметр).

Так, под давлением потребителей, оригинальные разработки в Минэлектронпроме постепенно были вытеснены и замещены воспроизводством зарубежных аналогов. Известный закон: *«Делай заказчику не то, что он просит, а то, что ему нужно»* был блокирован. Аппаратурщики далее получали то, что просили. И тут-то и началось самое интересное – те же самые аппаратурщики, навязавшие практику воспроизводства, начали обвинять Минэлектронпром в «отставании элементной базы». В том, что заказанные ими же Минэлектронпрому аналоги зарубежных ИС появлялись у нас в стране позже, чем их оригиналы за рубежом. Это абсурдно и аморально.

Но аморальности ситуации заказчики не замечали. Мало того, многие пошли дальше. И свои неудачи в реализации проектов они частенько стали оправдывать «недостатками» элементной базы. Специалистам НИИИЦ (в т.ч. и мне) и ЦКБ «Дейтон» часто приходилось выезжать на предприятия и разбираться с такими обвинениями. В подавляющем большинстве они были беспочвенны, а причинами неудач аппаратурщиков, как правило, были нарушения режимов и условий применения ИС, а частенько эти причины не имели никакого отношения к элементной базе.

Навязанная Минэлектронпрому практика воспроизводства ИС неизбежно привела к реальному отставанию отечественной элементной базы, а вслед за ней и РЭА. Зарубежный потребитель получал в свое распоряжение ИС сразу по выпуску ее на рынок производителем. Наш потребитель получал ее с задержкой, складывающейся из следующих этапов:

- Для потребителя ИС, разрабатывающего оригинальную аппаратуру:
 - о время на продвижение ИС-аналога на рынок производителем,
 - о время на принятие решения о целесообразности «воспроизводства» ИС,
 - о времени оформления заявки на «воспроизводство» ИС и принятия решения,
 - о времени разработки ИС и освоения ее в производстве.

В сумме это составляло 2-4 года.

- Для потребителя ИС, «воспроизводящего» зарубежную аппаратуру задержка была еще больше и включала:
 - о время для продвижения ИС-оригинала производителем на рынок,
 - о время разработки и организации производства аппаратуры-оригинала,
 - о время продвижения аппаратуры-оригинала на рынок,
 - о время на принятие решения о целесообразности «воспроизводства» аппаратуры и формирование соответствующих планов и заданий,
 - о времени оформления заявки на воспроизводство ИС и принятия решения,
 - о времени разработки ИС и освоения ее в производстве.

В сумме это составляло 5-8 лет.

Таким образом, только за счет **ими же навязанной практики «воспроизводства»** аппаратурщики обрекали свои собственные разработки на отставание от мирового уровня на 2 - 8 лет. Что посеяли, то и пожали.

Невостребованные возможности

Устав от аморальных обвинений в «отсталости» элементной базы и понимая, что *«идуций следом никогда не догонит»*, Минэлектронпром в 1978 г. в форме отраслевого стандарта ОСТ 11 348.901-78 [3] (с 1987 г. ГОСТ-27394-87) разработал процедуру и технологию метода совместного проектирования БИС. В разработке стандарта активное участие принимали 22ЦНИИ МО и 16ГУ МО (рис. 3).



Рис. 3. Основные разработчики ОСТ 11 348.901-78. Слева направо: Малашевич Б.М. (СКБ НЦ), Шуклин А.И. (16ГУ МО), Щебаров Ю.Г. (22ЦНИИ МО)

Расчет был на интеллект аппаратурщиков, в то время еще имевших (даже среди «передирывших» РЭА) огромный опыт создания систем на основе дискретных приборов и ИС низкой и средней степени интеграции. В это время Минэлектронпром вышел на уровень серийного производства микропроцессоров и других функционально сложных БИС, т. е. к микроэлектронной реализации устройств. Предполагалось, что разработчики радиоэлектронных систем захотят реализовать свои заделы, свои оригинальные структурные и схемотехнические решения, свои «know-how» (которых тогда было еще много) в интегральном исполнении в виде БИС, захотят сохранить за собой приоритет новизны своих решений. Фактически ОСТ приглашал аппаратурщиков к творческому сотрудничеству с микроэлектронщиками (рис. 4). Он позволял создавать оригинальные БИС и тем самым избавляться от пресловутого воспроизводства и связанного с ним отставания и элементной базы, и РЭА.

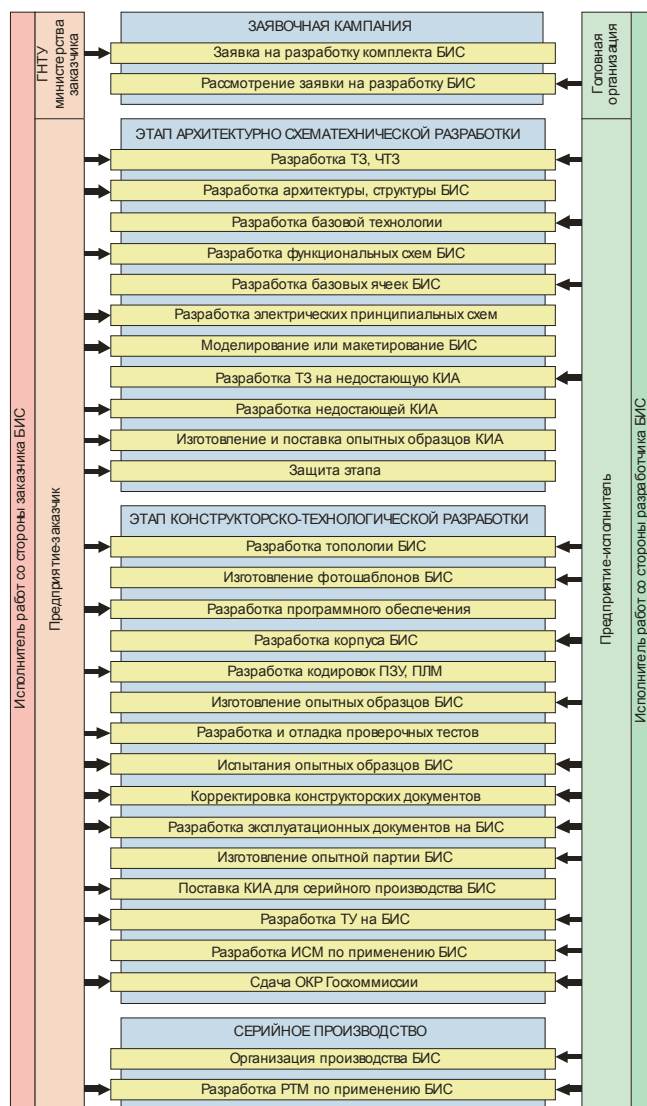


Рис. 4. Приложение 2 (обязательное) к ОСТ11 348.901-78

Метод совместного проектирования предусматривал выполнение схемотехнического этапа создания ИС (позже в США получившего названия «Front-End» проекта) заказчиком, а этапа разработки топологии, конструкции и т.д. («Back-End» проект) – предприятием Минэлектронпрома (исполнителем). Метод позволял заказчику получить именно те ИС и БИС, которые ему нужны для оптимального решения его задач.

Для того, чтобы донести идею предлагаемого метода до потенциальных партнеров в журнале «Электронная промышленность», тогда весьма популярном среди и микроэлектронщиков, и аппаратурщиков, была размещена статья [4], обосновывающая и подробно описывающая суть метода.

Предложение строилось не на пустом месте. Этот метод уже был практически апробирован и отработан в Зеленограде при создании ИС серий «Конус» и «Круг» (1969–1972 гг., «Front-End» – СВЦ, «Back-End» – завод «Экситон», Павловский Посад) и микропроцессоров серий К587 («Front-End» – СВЦ, «Back-End» – НИИТТ), К588 («Front-End» – СВЦ, «Back-End» – ПО «Интеграл», Минск), К1883 («Front-End» – СВЦ и НИИТТ, «Back-End» – ф. Robotron, ГДР) и К1802 («Front-End» – СВЦ и НИИТТ, «Back-End» – НИИМЭ). Кстати, подобным методом создавались и первые отечественные ИС, разработанные в 1962 г. в Риге ИС «Р12-2» (схемотехника НИИРЭ, Ленинград) и в 1964 г. в НИИТТ ГИС серии «Тропа» (в разработке электрических схем участвовал НИИЭМ).

Проверенный таким образом метод совместного проектирования, доказавший свою эффективность и на межотраслевом, и на международном уровне, в форме отраслевого стандарта ОСТ 11 348.901-78 предлагался для более широкого применения. Повсеместно ругаемые ныне советские чиновники верно оценили возможности метода. ОСТ был согласован Генеральным заказчиком (рис. 5), а Военно-промышленная комиссия (ВПК) при СМ СССР приняла решение о введении ОСТ 11 348.901-78 в действие в аппаратных министерствах. О том, что Минэлектронпром и госчиновники не ошиблись, свидетельствует тот факт, что через два десятка лет метод совместного проектирования получил распространение во всем мире в виде дезинтеграции процесса создания ИС на этапы «Front-End» (схемотехническое проектирование) и «Back-End» (топологическое проектирование), которые в ОСТ именовались «этап архитектурно-схемотехнической разработки» и «этап конструкторско-технологической разработки» (см. рис. 4).

Для служебного пользования
Экз. № 47

СОГЛАСОВАНО В/ч 25580 Командир <i>Р.П. Покровский</i> "16" <u>сентября</u> 1978 г.	УТВЕРЖДЕНО Организация п/я А-1501 Заместитель руководителя <i>В.Г. Колесников</i> " " " 1978 г.

МИКРОСХЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ВЫСОКОЙ СЛОЖНОСТИ

Порядок проведения научно-исследовательских и
опытно-конструкторских работ

ОСТ II 348.901-78
Срок действия с XIX 1978-31.XII 1981г.

Организация п/я Г-4515

Заместитель руководителя Начальник отдела стандартизации Начальник сектора Начальник отдела Руководитель разработки, начальник лаборатории СОИСПОЛНИТЕЛИ от В/ч 67947 Командир Заместитель командира Руководитель разработки Исполнители: от в/ч 25580-Б СОГЛАСОВАНО В/ч 25580-В Командир Организации п/я Р-6846 Заместитель руководителя Предприятие п/я А-7538 Заместитель руководителя Руководитель организации п/я Г-4397 <i>12.9.78</i>	<i>А.А. Васенков</i> <i>В.С. Кацовский</i> <i>В.В. Терехов</i> <i>В.А. Шахнов</i> <i>Б.М. Малашевич</i> <i>В.П. Балашов</i> <i>И.Ф. Усольцев</i> <i>В.А. Бедрековский</i> <i>И.С. Кручинкин</i> <i>В.Г. Шабаров</i> <i>А.И. Шуклин</i> <i>В.А. Чаловский</i> <i>А.П. Грибачев</i> <i>С.В. Якубовский</i> <i>В.И. Прохоров</i>

Рис.5. Лист утверждения ОСТ11 348.901-78

Но ОСТ опередил свое время. Отечественные аппаратурищики не воспользовались предоставленной им прекрасной возможностью резко повысить технический уровень своей РЭА, сократить или ликвидировать свое отставание от мирового уровня. Они оказались психологически не готовыми к участию в создании БИС – серьезных технических препятствий тому не было. Они так и не отказались от порочной практики заказов воспроизводства зарубежных аналогов, обрекающей их на отставание от зарубежных конкурентов. По прогрессивной технологии в СССР совместно с заказчиком другого ведомства создан только один микропроцессорный комплект – серия К583 для некоторых моделей компьютеров ЕС ЭВМ и бортовых компьютеров («Front-End» – межведомственная рабочая группа при НИЦЭВТ во главе в В.А. Гринкевичем (инициатором и энтузиастом этой работы), «Back-End» – минское ПО «Интеграл»). Только с появлением матричных базовых кристаллов (БМК) некоторые потребители потихоньку начали включаться в процесс создания полузаказных БИС, но очень робко и очень медленно.

Таким образом, на вопрос: «Почему Минэлектронпром воспроизводил зарубежные ИС?» следует однозначный ответ – по требованию потребителей. Рассмотрим, «как осуществлялось воспроизводство?».

Как, или кажущаяся простота

Непосвященным кажется, что Минэлектронпром легко скатился на воспроизводство потому, что этот путь значительно проще технологически. Якобы берется чужая микросхема и повторяется «один-в-один», ничего при-

думывать и изобретать не нужно (часто пишут: «не смогли даже содрать точно!»). Это абсолютно неграмотно и абсолютно не верно. И принципиально невозможно. Потому, что прежде чем приступить к «воспроизводству» какой-нибудь БИС (несколько образцов и пользовательскую документацию всегда можно было достать) нужно создать комплексную научную и производственную инфраструктуры, соответствующие техническому уровню воспроизводимой БИС. Подчеркнем – **прежде!!!** Именно поэтому за рубежом «воспроизводством» занимались только мощные полупроводниковые фирмы с технологическим уровнем, соответствующим уровню производителя оригинала. (А они этим широко занимались и занимаются, чтобы вклиниться в чужой сектор рынка. Фирма Intel переименовала свой процессор I586 в запатентованный лейбл «Pentium» именно в конкурентной борьбе с дублерами, выпускавшими процессоры-аналоги, в обозначения которых включались цифры 86, 186, 286, 386 и 486 из незащищенных обозначений оригиналов: I86, I186, I286, I386 и I486). Значит и Минэлектронпрому, прежде, чем приступить к воспроизводству ИС, нужно было создать соответствующие технологии, особочистые материалы, сверхпрецизионное оптико-механическое, технологическое и контрольно-измерительное оборудование, системы автоматизации проектирования и управление процессами и многое, многое другое. И все это растажиговать в требуемых для оснащения заводов объемах. На это требуются годы. И только тогда, когда все это сделано, опробовано и аттестовано, когда подтверждены возможности вновь созданной технологии, только тогда можно приступить к созданию (или «воспроизводству») ИС. И уже неважно, будут они оригинальными, или сделаны по аналогу, поскольку все они конструктивно-технологически оригинальны, т.к. полупроводниковые технологии у всех производителей разные и точно повторить сделанное на другой технологии невозможно. Если взять комплект фотошаблонов ИС одной фирмы и запустить их в производство другой фирмы с таким же уровнем технологии, ничего не получится. Все вышеуказанное Минэлектронпрому приходилось делать самостоятельно, поскольку организованный странами НАТО международный комитет КОКОМ изолировал СССР от международной кооперации, он строго следил, чтобы ничего прогрессивного в нашу страну не попадало – шла «холодная война». И эта сложнейшая инфраструктура создавалась практически одновременно с зарубежными фирмами. Из исторического факта, что ДОЗУ 64 Кбит фирма Intel и завод Ангстрем начали производить почти одновременно, в 1979 г. (Intel на несколько месяцев раньше), следует, что созданием необходимых для этого инфраструктур за несколько лет до того они начали тоже практически одновременно и, естественно, независимо. Вопросы «что создавать» перед специалистами, освоившими предыдущий уровень технологии, не стояло. Им это было совершенно ясно. Трудности были в том, как получить нужные результаты, и каждая фирма решала эти трудности сама. Не зря главной проблемой, особо охраняемым секретом в эпоху микроэлектроники стало «знаю как» («know-how»). Поскольку со «знаю что» обычно все ясно. И советским микроэлектронщикам проблему «как» приходилось решать самостоятельно, естественно используя все доступные источники информации о работах зарубежных конкурентов (те поступали так же – технический шпионаж всегда был, всегда будет и никто от него никогда не отказывался). И проблеме всегда решали своевременно.

Именно поэтому Минэлектронпром, как правило, был готов принимать заявки на воспроизводство зарубежных ИС сразу по их появлению на рынке. Именно поэтому советская микроэлектроника входила в тройку мировых лидеров, занимая почетные второе место по изделиям военного назначения и третье место по изделиям индустриального и коммерческого назначения, иногда вырываясь вперед. И это в условиях фактической блокады нашей страны от мировых достижений науки и техники международным комитетом КОКОМ с его 250-страничным перечнем научно-технической продукции, запрещенной для поставки в СССР и его союзникам. И именно поэтому **СССР был единственной в мире страной**, обеспечивающей свои (и союзников) потребности в изделиях электронной техники всех видов и классов (США, Европа, Япония широко пользовались недоступной для СССР стараниями КОКОМ международной кооперацией, в т.ч. и для военных систем). Уровень развития советской микроэлектроники обеспечивал возможность создания и тиражирования в нужных объемах лучших в мире ракет, самолетов, подводных лодок и многого другого. А если иногда чего-то не хватало, то не более, чем в других отраслях.

Последствия

Навязанная и ежегодно подкрепляемая потребителями практика «воспроизводства» кроме задержки появления в нашей стране новых ИС имела еще два негативных последствия в самом Минэлектронпроме:

- Во-первых, многие руководители Минэлектронпрома и его предприятий довольно быстро привыкли к этой практике, которая существенно облегчала им жизнь, т.к. в значительной степени избавляла их и от необходимости скрупулезной работы над формированием номенклатуры, и от ответственности за качество этой номенклатуры.
- Во-вторых, в большинстве НИИ и КБ Минэлектронпрома разрабатывающих ИС так и не были созданы (а где изначально были – деградировали) коллективы, способные на самостоятельную архитектурную, структурную и схемотехническую разработку оригинальных ИС. Все силы были направлены на «срисовывание» топологий чужих ИС, восстановления из этих топологий электрических схем, переработку схем под возможности своей технологии (с неизбежной корректировкой схем), разработку своей топологии и т.п. Воспроизводство – это тоже своего рода профессия, наука и искусство. Таким образом, в результате **навязанной и ежегодно подкрепляемой потребителями** (подчеркнем это еще раз) практи-

ки «воспроизводства» ИС, большинство предприятий Минэлектронпрома (к счастью не все) оказалось неспособными выполнять, выражаясь современным языком, «Front-End» этап проектирования ИС (при «воспроизводстве» не нужный), т.е. этап созидания нового. Пока ИС были относительно несложными, процесс «воспроизводства» проходил за терпимые сроки. Но с появлением БИС и СБИС «срисовывать» топологии и восстанавливать из них электрические схемы становилось все проблематичнее, а далее и практически невозможно. Да и авторы оригиналов постоянно придумывали хитроумные способы защиты от воспроизводства. К этому рубежу отечественная микроэлектроника вплотную приблизилась в попытках воспроизведения микропроцессоров I386 и I486, завершить которые помешала безобразно неудачная реализация давно назревших в стране реформ. Но «после драки кулаками не машут».

«Мы и сами с усами»

В Минэлектронпроме были коллективы и специалисты, которые «воспроизводить» микропроцессоры и другие БИС не хотели и не умели (это, как мы уже говорили, тоже искусство и профессия), а разрабатывали их самостоятельно. Потому, что имели в своей предыстории богатый опыт создания различных ЭВМ и имели соответствующие квалификации, опыт и научные заделы. В первую очередь это коллективы СВЦ (переведенный затем в НИИТТ) в Зеленограде и ЛКТБ «Светлана» в Ленинграде. Все их разработки были оригинальны, и именно они успешно конкурировали с зарубежными достижениями, именно они были предметом гордости Минэлектронпрома. О некоторых мы уже говорили. Вот еще несколько примеров.

- В 1975–77 гг. в СВЦ и ЛКТБ были созданы семейства микро-ЭВМ с оригинальными архитектурами «НЦ» и «С5» соответственно, не уступающие по совокупности параметров лучшим зарубежным образцам своего класса.
- В 1979 г. и в НИИТТ, и в ЛКТБ были разработаны однокристалльные 16-разрядные микро-ЭВМ (ОЭВМ в терминологии тех времен, в нынешней терминологии – микроконтроллеры) К1801ВЕ1 и К586ВЕ1. Их характеристики превосходили параметры единственной известной тогда зарубежной 16-разрядной ОЭВМ TMS 9940, ф. TI, США (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительные характеристики ОЭВМ

Характеристика	TMS 9940	K1801BE1 (НЦ-80Т)	K586BE1 (С5-31)
Разрядность данных, бит	1, 8, 16	1, 8, 16, 32	1, 8, 16
Разрядность АЛУ, бит	8	16	16
Число команд	58	404	132
ОЗУ, бит	128x8	128x16	128x16
ПЗУ, бит	2Kx8	1Kx16	1Kx16
Время сложения, мкс	3,2	3,1	2,0
Уровней прерываний	4	5	3
Ввод-вывод	32 программируемые линии	16 бит магистраль, 32 бит последоват. канал в/вывода	16 бит магистраль, 5 каналов в/выв, 8-бит посл. канал

- В 1980 г. ЛКТБ «Светлана» разработало, а в последующие годы реализовало идею фрагментно-модульного проектирования однокристалльных и одноплатных контроллеров (рис. 6). Сегодня, т. е. почти через 30 лет, эта идея нашла повсеместное распространение в виде IP-блоков и систем на кристалле (СнК).
- В 1980-85 гг. в НИИТТ (после запрета министра на развитие архитектуры «НЦ» и директивного решения о переходе в отрасли на архитектуру «PDP-11» и «VAX-11» ф. DEC, США) был создан ряд микропроцессоров: 1801ВМ1, -ВМ2, -ВМ3, -ВМ4, 1806ВМ2, -ВМ3 и ВМ4, 1839ВМ1 и ВМ2. Эти микропроцессоры были программно совместимы с процессорами ф. DEC, но имели оригинальные структуры и схемотехнику и были однокристалльными в отличие от многокристалльных прототипов (4-6 БИС). По совокупности параметров они значительно превосходили прототипы.

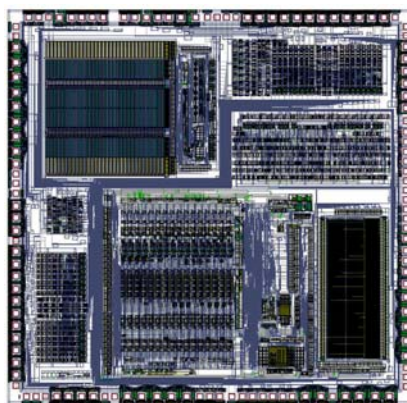


Рис. 6. Л1875ВЕ1 – 2-й вариант фрагментно-модульного микроконтроллера ЛКТБ «Светлана», 1987 г.

Это далеко не полный список оригинальных разработок Минэлектронпрома.

Если бы предприятиям Минэлектронпрома не помешали закрепить первый опыт создания оригинальных ИС и если бы потребители включились в процесс создания ИС в части перспективной номенклатуры и схемотехники, наша микроэлектроника и радиоэлектроника развивались бы совершенно иначе. Но этого не произошло. В первую очередь по вине потребителей, навязавших «воспроизводство» аналогов. Во вторую очередь по вине руководителей Минэлектронпрома и большинства его предприятий, которые толи не смогли, толи не захотели противостоять этому давлению. В результате многие предприятия Минэлектронпрома оказались в нелепой ситуации. Они разрабатывали и внедряли новые полупроводниковые технологии, оборудование и материалы, часто соответствующие мировому уровню, а иногда и опережающие его. Они прекрасно разрабатывали топологии ИС. Они прекрасно выпускали их в массовом производстве. И умея все это делать, в целом не хуже зарубежных коллег (во всяком случае до 1980 г. [1]), они были **вынуждены** «воспроизводить» чужие изделия, т.е. идти со значительным отставанием от своих возможностей. Многолетней практикой заказов «воспроизводства» зарубежных ИС потребители сами «рубил сук, на котором сидели». И срубили – эта практика не позволяла реализовать имевшиеся потенциальные возможности ни микроэлектронщикам, ни аппаратурщикам.

Подводя итог нельзя не отметить, что ни одно из достижений отечественной радиоэлектроники и вычислительной техники, а их было множество (а могло быть много больше, если бы не практика «воспроизводства»), было бы невозможно без соответствующих и опережающих достижений отечественной электронной промышленности. О которых так часто забывают.

А помнить о них необходимо. Во-первых, свою историю нужно знать, чтобы знать свои возможности и не повторять ошибки, чтобы пресечь зарождение комплекса неполноценности, который из-за нашей забывчивости уже, к великому сожалению, зародился и развивается. Во-вторых, чтобы новые поколения, ориентируясь на дела дедов и отцов, стремились не только восстановить отечественную микроэлектронику, но и вывести ее на мировой уровень. А без своих микро- и нано-электроник нашей стране не обойтись. Это один из важнейших вопросов жизнеспособности России.

Список литературы

1. Малашевич Б.М. «Зеленоградский Центр микроэлектроники. Создание, расцвет, закат ...», – ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес, , 2007, № 1, с. 104-112.
2. Малашевич Б.М. «Первые отечественные интегральные схемы. 50-летию официальной даты посвящается» – ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес, , 2008, № 5, с. 108-117.
3. Малашевич Б.М., Щебаров Ю.Г., Шуклин А.М. и др. ОСТ11 348.901-78 «Микросхемы интегральные высокой сложности. Порядок проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ», Москва, Зеленоград, НПО НЦ, 32 стр.
4. Васенков А.А., Малашевич Б.М., Шахнов В.А. «Микропроцессоры и проблема взаимодействий между потребителями и создателями изделий электронной техники». – Электронная промышленность, № 5, 1978 г., с.22-26.

Из истории информатики в Санкт-Петербургском университете

Мартыненко Б.К.
Санкт-Петербургский государственный университет
mbk@ctinet.ru

Аннотация. Воспоминания о романтическом периоде программирования в СССР во второй половине 20 в., основанные на собственной памяти автора и информации, полученной от А.Н. Балугина, С.С. Лаврова, И.В. Романовского и Г.С. Цейтина¹. Добавлены некоторые детали из школьного периода жизни автора и быта студентов того времени.

From the History of Informatics in the Saint Petersburg State University

Martynenko B.
Saint Petersburg State University

*“Tempera mutantur et nos
mutamur in illis”.*

– Времена меняются,
и мы меняемся вместе с ними.

Франкский император Лотар I (IX в.н.э.)

Предисловие. Для поколения, заканчивающих школу 10 лет спустя после войны, которому принадлежит и пишущий эти строчки, это время *априори* (мы были молоды и устремлены в науку) и *апостериори* (ведь нам уже больше 70) было по-настоящему счастливым благодаря возможности учиться у известных учёных и общаться с ними. Ныне, когда происходят катастрофические изменения школьного образования, интересно сравнить его с тем, каким оно было сразу после войны.

1 сентября 1945 г. я поступил в начальную (4-х летнюю) школу. Обучение бесплатное, совместное для мальчиков и девочек. Кроме русского языка и родной речи было чистописание в тетрадках в три линейки. Писать приходилось ручками со стальными перьями №86, представляющими усовершенствованные гусиные перья, которые опускались в чернильницу-непроливайку с фиолетовыми чернилами. Не разлить чернила и не наделать клякс в тетради порой составляло непосильную задачу для первоклассников.

Следующая ступень, 5–7 классы, завершала бесплатное обязательное среднее образование, после чего открывались два пути для продолжения образования: в техникум или в 8–10 класс². Мой старший брат в годы войны, когда отец был на фронте, а мать умерла, и я был на его попечении, пошёл в электротехнический техникум, где платили стипендию. А я, уже после Победы, в 8-й класс. Эта ступень была платной, впрочем, плата была символической, и через год отменена вовсе. Я окончил среднюю школу № 37 г. Омска в 1955 г. Это была мужская школа с весьма заметным числом учителей-мужчин. Математику (алгебру, геометрию и тригонометрию) вёл Николай Иванович Тихомиров, который любил свой предмет, и сумел привить интерес к математике многим ученикам. Он руководил школьным хором, и был не прочь погонять футбол на улице с ребятами.

Запомнился на всю жизнь и учитель географии Владимир Сергеевич Лагунов, проводивший свой урок в форме лекции, он научил нас писать конспекты, что потом пригодилось в студенческие годы. В летние каникулы он организовывал походы по родному краю, пешие или на лодках. Он был секретарём школьной партийной организации, и мы иногда приходили к нему за советом на чердак, где у него была оранжерея.

Надо сказать, что не школьные товарищи, а ребята нашего двора, которых было много, составляли основной круг общения. У многих было какое-то увлечение, или даже несколько. Я с моим закадычным другом³ занимался в авиамodelьном кружке при Омском аэроклубе и участвовал в соревнованиях, и небезуспешно. Там я узнал устройство моделей разных типов, научился их конструировать, производить необходимые расчёты, узнал, что существуют разнообразные профили нервюры крыла, и почему возникает подъёмная сила, какие породы дерева применяются в конструкции, и научился изготавливать детали. В студенческие годы эти знания возвысили мой авторитет, и я был выбран старостой планёрного кружка. ДОСОАФ помог нам приобрести свой планёр БРО-11, на котором мы учились летать на аэродроме в Озерках под Ленинградом [2].

Примерно с 7 класса я заинтересовался астрономией. То ли под влиянием прочитанных книг – первая среди них “Занимательная астрономия” А. Я. Перельмана, то ли сам вид звёздного неба с планетами, Луной и Солнцем, заворочил меня. Я сделал из очковых стёкол телескоп-рефрактор, применив для изготовления трубы мой авиамodelьный опыт, и стал по ночам наблюдать Луну, Юпитер с четырьмя галилеевыми спутниками⁴,

¹ Текст данного доклада является сокращённой версией публикации [1], дополненной фактами, которых не было в вышеупомянутой статье.

² Систему ремесленных училищ, готовивших рабочий класс, мастеров “золотые руки”, здесь не рассматривается, хотя нынче, в новых условиях, это актуальная проблема.

³ Перед окончанием школы мы с ним пытались самостоятельно овладеть “исчислением малых”, но безуспешно: в школе в то время не было математического анализа. Но всему своё время — в университете этому предмету отводилось 2,5 года в добротном изложении с упражнениями дважды в неделю.

⁴ Впоследствии в аспирантуре я использовал 10-й спутник Юпитера для проверки метода, построенного в диссертации, для учёта воз-

изящный Сатурн с его кольцом, и пр. В конце концов, я даже осмелился предложить свои услуги Астросовету в качестве наблюдателя переменных звёзд.

Ясно, после школы для меня вопроса не было, чем заняться дальше. Проблема была только в том, какой университет выбрать. Отец уговаривал меня поступать какой-нибудь институт⁵ в родном городе. Выбор был широк: от медицинского и педагогического до сельскохозяйственного, автодорожного и машиностроительного. Но я не согласился. Ближайший университет был в Томске, но накануне астрономическое отделение в нём было закрыто. Ехать в Москву, где в 1953 г. на Ленинских горах открылось новое здание МГУ, было страшновато. Оставался только Ленинград, куда я и послал документы. Предстояло сдавать два экзамена по математике письменно и устно: серебряная медаль освобождала от других экзаменов, которых было не мало. Золотые медалисты не держали вообще никаких экзаменов, но проходили собеседование, и бывало, что они “проваливались”, и в этом случае можно было сдавать экзамены на общих основаниях⁶.

Я получил 9 баллов, и был зачислен на математико-механический факультет. Правда, в группу астрономов я не попал: зам. декана убедил не настаивать на этом, доводом, что после окончания университета мне светит преподавать астрономию и физику в школе, а не работа в обсерватории. В качестве утешения он добавил, что имею право посещать любые лекции, если без астрономии жить не смогу. Сошлись на том, что я буду изучать теоретическую механику. Так как в общежитии мне было отказано, то я снял “угол”⁷, как многие иногородние студенты. Перед началом занятий я зашёл на факультет, чтобы узнать расписание, и был удивлён, не найдя свою фамилию среди механиков, но обнаружил две группы вычислителей, о которых в справочнике для поступающих в ВУЗы ничего не говорилось⁸. В 11-й группе стояла моя фамилия. Опуская мои переживания по поводу этого открытия, апостериори могу сказать, что судьба подарила специальность, более универсальную, чем астрономия, к которой я так стремился, и которая, в конце концов, от меня никуда не делась⁹.

Ленинградский университет возглавлял (апреля 1952 г. – октябрь 1964 г.) ректор **А.Д. Александров**, математик и физик с мировым именем, философ и альпинист, любимый студентами. По его идее, чуть позже, был построен учебно-научный комплекс университета с естественно-научными факультетами. История информатики в Ленинградском (ЛГУ) – Санкт-Петербургском (СПбГУ) университете связана, прежде всего, с именами **Андрея Андреевича Маркова** (9(22).9.1903, Петербург – 11.10.1979, Москва) и **Леонида Витальевича Канторовича** (6(19).1.1912, Петербург – 7.4.1986, Москва), его выпускников 1924 г. и 1930 г. соответственно. Первое имя олицетворяет математическую логику и теорию алгоритмов, второе – программирование и математическое программирование. Факты их биографий легко найти в энциклопедиях. Скажу лишь, что кафедру вычислительной математики я окончил 1960 г. Л.В. Канторович, заведующий этой кафедрой с 1958 г., и читавший студентам – вычислителям курс функционального анализа, напутствовал нас на выпускном банкете. Сам он в этом же году уехал в Новосибирск, где создал и возглавил Математико-экономическое отделение Института математики СО АН СССР и кафедру вычислительной математики Новосибирского университета. У А.А. Маркова я не учился, но факт его биографии, что он окончил аспирантуру в Астрономическом Институте¹⁰ в 1928 г., где много позже аспирантуру заканчивал и я, меня весьма занимал.

Начало преподавания программирования на математико-механическом факультете было положено в 1953 году. “В то время первые отечественные ЭВМ “БЭСМ” и “Стрела” (первая – в Академии наук СССР, вторая – в Московском университете) были большим государственным секретом, и их марки произносились шепотом людьми, имеющими специальный допуск”. — А. Н. Балугев. Л.В. Канторович разработал и прочёл для сотрудников ЛОМИ и аспирантов математико-механического факультета первый курс программирования для специально придуманной им абстрактной одноадресной машины¹¹, а с начала 1954/55 учебного года эти лекции стали основой специального курса по программированию, который начал читать доцент Александр Николаевич Балугев (17.08.1923 – 23.04.2008)¹² для студентов недавно открытой кафедры Вычислительной математики.

“В 50–60-е годы группа математиков ЛОМИ под руководством Л.В. Канторовича выполнила целый ряд исследовательских работ. Они были разнообразны. Здесь можно упомянуть развитие в “ПРОРАБ”ах” (производителях работ) идеи крупноблочного программирования, разработку К-языка и системы программирования на его базе. В этой группе уже в то время фактически началась эксплуатация идей интерпретаторов и производство математических выкладок на ЭВМ.” — И. В. Романовский. До изобретения обратной польской формы при программировании выражений в компиляторах использовались “четверки”, предложенные Л. В. Канторовичем в статье [4].

Первую практику работы на реальной ЭВМ для восьми выпускников кафедры вычислительной математики удалось организовать в сентябре 1957 года на машине “Стрела” в Вычислительном центре МГУ. Имена

мущений искусственных спутников Земли от Луны и Солнца [3].

⁵ Были ещё и такие вузы, которые отличались от университетов: чем именно, было понятно всем.

⁶ Что лучше для качественного отбора студентов: нынешнее ЕГЭ или то, что было?

⁷ “Угол”, то есть часть комнаты, отделённая мебелью. Стипендии хватало лишь на питание в студенческих столовых и проезда на общественном транспорте. И хотя плата за угол была небольшая, стипендия её не выдерживала.

⁸ И неспроста: специальность курировалась Министерством обороны с соответствующей стипендией (450 р. против обычной 290 р.).

⁹ Все курсовые работы, дипломная работа и первая диссертация, были выполнены на астрономические темы, и при этом, как показала дальнейшая жизнь, подготовка по этой специальности оказалась достаточной, чтобы работать и в других областях.

¹⁰ Позднее ИТА.

¹¹ Выбор такого типа машины был весьма прозорлив – первая реальная ЭВМ в ЛГУ “Урал-1” была именно одноадресной.

¹² А. Н. Балугев — участник Великой Отечественной войны 1941–1945 г.г. На фронте с первых дней войны после окончания первого курса мат.-меха. После Победы вернулся на факультет, который окончил в 1949 г.

выпускников первых лет хорошо известны на мат.-мех. факультете: И. Л. Братчиков, Даугавет И. К., Даугавет В. А., Даугавет О. К., Фитиалов С. Я. и др. Большинство из них стали первыми научными сотрудниками Вычислительного центра ЛГУ, а впоследствии преподавателями различных кафедр университета.

Первую собственную ЭВМ “Урал-1” факультет получил в 1958 г. Её установкой и эксплуатацией занялись недавние выпускники физического факультета ЛГУ.

В сравнении с механическими арифмометрами¹³, использовавшимися студентами в вычислительной практике, у неё было фантастическое быстродействие 50 – 100 операций в секунду. Первопроходцем в освоении этой первой реальной вычислительной машины в Ленинградском университете стал А. Н. Балугев.

Незадолго до этого в НИИММ¹⁴ организуется Вторая проблемная лаборатория – будущий **Вычислительный центр университета**. Его организаторы – доценты кафедры вычислительной математики А. Н. Балугев и М. К. Гавурин¹⁵ (16.11.1911 – 11.04.1992) опасались, что при такой вычислительной мощности все задачи будут решены за несколько недель, и машина скоро окажется в простом. Но научные расчёты и студенческие работы легко поглотили полезное время, которое можно было “выжать” из этой ламповой машины, учитывая, что примерно половина времени уходила на профилактические и ремонтные работы. Кроме того, много времени затрачивалось на отладку программ, потому что она проводилась непосредственно за пультом машины с двоичной индикацией на неоновых лампочках. Промежуточные результаты считывались побитно непосредственно с неоновых огней, отражающих содержимое сумматора или регистра арифметического устройства в двоичном коде с фиксированной запятой. В тёмное время суток машина напоминала новогоднюю ёлку, увешанную гирляндами с пробегающими по ним неоновыми огнями. Программу можно было исправлять с пульта, заносая двоичные коды с клавиатуры. При этом все исправления приходилось записывать на бумаге с тем, чтобы впоследствии перенести их на зачёрнённую киноплёнку в виде перфораций или заплат, вырезанных из черной бумажной упаковки из-под фотоматериалов. Только с такой плёнки, склеенной в кольцо, можно было вводить программу или исходные данные в машину. До сих пор помню, как сжималось сердце от страха, что лента разорвется на месте склейки, или отлетят заплатки, когда со страшным шелестением и свистом начинался ввод программы. Кроме того, такой носитель информации представлял большую опасность, т. к. воспламенялся как порох. И был случай, когда однажды ... (но об этом лучше не вспоминать).

Надо сказать, что в те времена машины поставлялись “голыми”, т. е. вообще без кого-либо программного обеспечения и каких бы то ни было периферийных устройств¹⁶. Поэтому сразу же возникла задача написания библиотеки стандартных подпрограмм, включающей хотя бы простейшие математические функции и операции над вещественными числами – не было в арифметическом устройстве этой машины операций с плавающей запятой. Разработкой такой библиотеки занялись первые научные сотрудники Вычислительного центра И. Л. Братчиков, В. Н. Иголкин и С. Я. Фитиалов.

1957–58 г.г. — время проведения Международного геофизического года (МГГ), в котором ожидался запуск искусственного спутника Земли (ИСЗ). В обсерватории ЛГУ была создана станция оптических наблюдений ИСЗ, и ещё до его запуска студенты, среди которых был и я, тренировались наблюдать огни самолёта, барражирующего над Финским заливом, и имитирующего прохождение спутника по звёздному небу.

На “Урале” я делал курсовые работы на 3–4 курсах — программу обработки фотонаблюдений, которая по рекомендации Астросовета АН СССР использовалась на станциях наблюдений ИСЗ [5]. В очерке [6] А. Г. Масевич, зам. председателя Астросовета, упомянула об этой работе.

В 60-е годы ВЦ ЛГУ оснащается новейшей по тем временам вычислительной техникой. Каждая такая машина требовала целого зала или большой комнаты для своего размещения. Поскольку факультет и ВЦ располагались в старом здании Высших женских (Бестужевских¹⁷) курсов (В.О. 10 линия 33), то приходилось ломать кирпичные стены, чтобы получить помещение нужной площади. В этом деле охотно участвовали студенты и программисты¹⁸ ВЦ.

В деле оснащения ВЦ ЛГУ вычислительной техникой первого (ЭВМ М-20, ламповая, быстродействие 20 тыс. операций в сек.) и второго поколения (БЭСМ-3М, М-220, М-222 — все уже полупроводниковые) большая заслуга принадлежала Георгию Петровичу Самосюку¹⁹ (1921 – 2003), директору ВЦ с 1961 г. и НИИММ с 1963 г. Университет получал новейшую отечественную вычислительную технику часто одновременно с теми предприятиями, у которых был приоритет.

С ЭВМ БЭСМ-3М связан курьезный случай, о котором в свое время писала одна из центральных газет в заметке “Гадкие утята”. “Гадкие утята” — это молодые инженеры одного крупного НИИ, которым было поручено испытывать полупроводниковые элементы будущей машины М-220, проектировавшейся солидным конструкторским коллективом. Дело не ладилось, и сроки выпуска затягивались. Молодые же инженеры за это время полулегально спроектировали и собрали на тех элементах, которые испытывали, свою собственную машину,

¹³ Студенты-вычислители на первом курсе изучали логарифмическую линейку и использовали младших курсах арифмометры “Феликс”, а даже арифмометры Однера царских времён; на старших курсах — “Рейн металлы” и “Мерседесы”.

¹⁴ Научно-исследовательский институт математики и механики ЛГУ.

¹⁵ Они же и первые директора ВЦ ЛГУ на общественных началах.

¹⁶ “Даже во время написания первых трансляторов с Алгола 60 большой проблемой было обеспечить ввод и вывод буквенно-цифровых данных. А у БЭСМ-6 долгое время не было внешней памяти на дисках”. — С. С. Лавров.

¹⁷ О. А. Полосухина, бывшая бестужевка, учила Г. М. Фихтенгольца и нас.

¹⁸ В то время не было специальности программист, и все числились по должности в качестве инженеров или старших инженеров.

¹⁹ Г. П. Самосюк — участник Великой Отечественной войны.

получившую впоследствии название БЭСМ-3М. Конструкторы плановой машины, естественно, выступили с заявлением, что неплановое изделие не соответствует ГОСТу, является уродцем, не пригодным к серийному производству.

Борьба молодых новаторов со старыми консерваторами, как водилось в то время, вышла на страницы газет, и первые победили. В результате машина молодых инженеров была запущена в серию раньше плановой. Пока другие покупатели колебались, Г. П. Самосюк решительно выписал наряд на эту машину. Так ВЦ ЛГУ приобрел первую полупроводниковую машину.

В период освоения хозяйственно-договорных отношений в СССР Г. П. Самосюк наладил связи с большим числом предприятий, НИИ, научно-исследовательских институтов АН СССР, Вычислительными центрами. Это не только позволило значительно укрепить экономическое положение НИИММ и ВЦ ЛГУ (привлечь новые кадры, оплачивать поездки сотрудников на научные конференции, арендовать машинное время в других ВЦ, оплачивать командировочные расходы и т. д.), но и вовлечь научные коллективы в новые направления исследований.

Кстати, на счёт использования машинного времени в других ВЦ. В то время (60-е годы) первичными носителями информации были перфокарты (обычно, из Тукумса, латвийского городка). Они требовали определённых условий хранения в отношении температуры и, особенно, влажности. А ещё бы лучше было хранить их под прессом. Зачастую по прошествии времени перфокарты переставали вводиться читающим устройством из-за того, что металлические шётки смещались по отношению эталонному положению даже на своей машине — что же говорить о других ВЦ. Поэтому приходилось использовать репродукторы на новом месте и сравнивать копию с оригиналами перфокарт, частично визуальное, прежде чем начинать счёт.

В 1960 г. в составе Вычислительного центра ЛГУ образуется **лаборатория программирования, автоматизации программирования и программированного обучения**, в которой под руководством А. Н. Балугева начинается один из первых в СССР проектов программирующей программы (так тогда назывались компиляторы) с входным языком, напоминающим ФОРТРАН. В работе над этим проектом принимали участие, как преподаватели кафедры вычислительной математики, так и её выпускники, научные сотрудники и инженеры вышеупомянутой лаборатории.

В [7] говорится, что “отход авторов от АЛГОЛа 60 вызван следующими причинами.

1. Из-за отсутствия в настоящее время надежных устройств для буквенного ввода и вывода на ЭВМ М-20 приходится использовать для ввода стандартное клавишное устройство и для вывода — телетайп СТ-35. Небольшое количество символов, малая скорость печати, неэкономная кодировка (9 двоичных разрядов на один символ) заставляют экономить на обозначениях.

2. Поскольку у авторов нет опыта работы в области программирования сложных алгоритмов, желание получить в сравнительно короткое время работающую программирующую программу и трудности, связанные со сравнительно небольшим объёмом памяти, вынуждают упростить функции программирующей программы, переложив тем самым часть труда на программиста. Поэтому алгоритм, записанный на предлагаемом входном языке, по своей структуре меньше отличается от машинной программы, чем тот же алгоритм, записанный на АЛГОЛе.

Отличия от АЛГОЛа сводятся в основном к следующему.

1. Программа в целом представляет один блок. Отсутствуют описания типов, для каждого типа употребляется свой класс идентификаторов.

2. Упрощены и стандартизованы операторы (в особенности операторы процедур) и описания процедур.

Предполагается, что машинная программа, представляющая перевод входного алгоритма на язык машины, целиком помещается в оперативном запоминающем устройстве”.

Глядя из 21 в. остаётся только позавидовать энтузиазму, с которым молодые коллективы брались за новые задачи, не имея достаточного опыта и технических условий.

В 1964 г. этот проект был завершён, но он не смог конкурировать с появившимися к тому времени отечественными трансляторами для международного языка программирования Алгол 60: ТА-1 (разработка научного коллектива С. С. Лаврова), ТА-2 (разработка Отдела прикладной математики МИАН под руководством М. Р. Шура-Бура и Э. З. Любимского, Москва) и, несколько позже, Альфа-транслятором (разработка группы А. П. Ершова (19.04.1931 – 8.12.1988), ВЦ СО АН СССР, Новосибирск), открывшими эру практического использования языков программирования высокого уровня в СССР.

Нельзя не отметить значение Ассоциации пользователей ЭВМ, Всесоюзных конференций по программированию (А. П. Ершов – СО АН СССР, С. С. Лавров, М. Р. Шура-Бура – Москва), Всесоюзных школ по программированию (А. Л. Фуксман – Ростовский ун-т, Г. С. Цейтин – ЛГУ), рабочих групп по языкам программирования и др.

Помнится, на конференции в Новосибирском университете, на которой совместно представляли все три вышеупомянутых компилятора, М. Р. Шура-Бура осторожно намекнул, что, возможно, в оптимизирующем АЛФА-компиляторе из циклов выносятся не только действия, не зависящие от параметров цикла, но ещё кое что, чего выносить нельзя. Гена Кожухин²⁰ чуть не накинудся на неосторожного критика с кулаками, защищая своё детище. С. С. Лавров поспешил объявить перерыв, чтобы охладить страсти, сказав, что все представляемые компиляторы имеют достоинства, каждый в своём роде.

Хотя эти трансляторы оттеснили разработку ЛГУ, но приобретённый в этой работе опыт пригодился при освоении новых систем программирования в научных разработках и в учебном процессе.

²⁰ Г. И. Кожухин — первый переводчик на русский язык Revised Report on the algorithmic language ALGOL 60.

От Алгола 60 к Алголу 68

Несколько следующих лет (до 1968 г.) лаборатория занималась освоением трансляторов ТА-1, ТА-2²¹ и АЛЬФА. Благодаря этим трансляторам от машинного двоичного (восьмеричного) кодирования программирование в нашей стране шагнуло сразу к языкам программирования высокого уровня (Алгол 60), минуя этап использования автокодов, или, как это называется теперь, ассемблеров.

Лишь некоторое время спустя, появились ассемблеры, хотя символическое программирование (тогда это называлось программированием в условных адресах) использовалось с самого начала как вид предмашинной подготовки программ.

В этот период в лаборатории были написаны лексические блоки трансляторов ТА-1 и АЛЬФА, согласованные с местным входным оборудованием, организована служба прохождения программ в пакетном режиме, пополнялись библиотеки стандартных подпрограмм и алгоритмов²², обслуживался производственный и учебный процесс, проводились консультации по языку Алгол 60 и системам программирования.

В конце 60-х из Министерства В и ССО СССР в университет поступил список мест научных стажировок за границей. А. Н. Балуев предложил мне составить план стажировки в Дании (у Петера Наура из Regnescentralen в Копенгагене) или Нидерландах (у А. ван Вейнгаардена из Математического центра в Амстердаме).

Был утверждён датский план, и по приказу ректора мне пришлось целый год по четыре дня в неделю заниматься на специальных курсах английского языка при ЛГУ. Был сдан экзамен по английскому языку в Московском институте иностранных языков. О прохождении идеологических комиссий разного уровня, включая собеседование в ЦК КПСС в Москве, вспоминать не хочется.

6 сентября 1967 г. я и ещё три стажёра из СССР вылетели в Копенгаген.

Я был представлен Нильсу Ивару Беку, техническому директору Regnescentralen (RC). Между прочим, он сказал, что знаком с академиком А. А. Дородницыным²³.

Моему научному руководителю Петеру Науру я сообщил, что закончил аспирантуру в ИТА и защитил кандидатскую диссертацию на тему: “Лунно-солнечные возмущения первого порядка в движении искусственных спутников”. Сообщил, что знаю о его посещении этого института, когда он занимался малыми планетами. Похвастался тем, что был первым, кто использовал язык программирования Алгол 60 в публикациях ИТА, предъявив в качестве доказательства три номера Бюллетеня ИТА со статьями по моей диссертации [3].

Кроме того, я сказал, что перед отъездом из Ленинграда я прочитал его статью [8] о компиляторе GIER Algol в переводе на русский язык. Я привёз сборник с этой статьёй, и он тут же повесил на информационной доске ксерокопию двух последних страниц, содержащих раздел “Благодарности” с перечислением участников проекта и список литературы. Очевидно, что он гордился тем, что их проект известен в СССР, да ещё по поводу, вышедшему всего два года спустя после публикации оригинала.

П. Наур предложил мне заняться проблемой “post mortem dump” (посмертной выдачи) в следующей версии системы GIER Algol 4, разрабатываемой группой математиков-программистов под его руководством. Предстояло изучить схему использования памяти во время исполнения программы пользователя и особенности входного языка компилятора при реализации предложенной темы в системе GIER Algol 4. Результаты были представлены в отчёте [9] и совместной публикации [10].

Надо сказать, что моё рабочее место располагалось в комнате, где участники проекта собирались на кофе или чай по несколько раз в день. Общие разговоры шли на английском: во Вьетнаме шла война, и несколько молодых ребят из США и Канады нашли убежище в RC. Так что я был в курсе текущих событий и имел дополнительную практику в языке.

В это же время в RC я застал Чарли Саймони (Charles Simonyi)²⁴, беженца из ВНР. Он “подкалывал” меня знанием русского языка, произнося фразы с политическим подтекстом, вроде: “Великая Октябрьская Социалистическая Революция” — был юбилейный год революции в России. Вскоре он уехал учиться Калифорнийский университет в Беркли и впоследствии сделал блестящую карьеру.

В 1968 г. после моего возвращения в СССР тематика лаборатории, где я работал, решительно переориентировалась на собственные разработки: в содружестве с лабораторией математической лингвистики и при участии преподавателей кафедры вычислительной математики, под научным руководством Г. С. Цейтина началось изучение первоначальных вариантов языка программирования Алгол 68 и подготовка к его реализации.

В тот период Г. С. Цейтин вёл активную переписку²⁵ с членами Рабочей группы 2.1 ИФИП по Алголу, внося свои предложения по улучшению проекта языка Алгол 68. Он добивался ответа непосредственно от авторов сообщения об [11], но получал ответ от Мишеля Синцова (M. Sintzoff) и кого-то ещё из исследовательской лаборатории “MBLE” (Брюссель, Бельгия). Наконец, не без поддержки А. П. Ершова, ему удалось встретиться А. ван Вейнгаарденом (A. van Wijngaarden, 1917–1987) в Академ-городке под Новосибирском. Обсуждались некоторые свойства языка Алгол 68, в частности, синтаксические ограничения на предложения выбора по виду и невозможность динамически “печь” процедуры²⁶.

²¹ ТА-2 в ВЦ ЛГУ не был введён в повседневную эксплуатацию из-за нестабильной работы ЭВМ.

²² Здесь уместно вспомнить организованные И. В. Романовским серии методических материалов по программному обеспечению ЭВМ: “Алгол-процедуры”, “Описание алгоритмических языков”, “Руководства по трансляторам”, “Сервисные программы” и т.д.

²³ А. А. Дородницын (1910–1994) — один из основателей и первый директор ВЦ АН СССР. Президент Международной федерации по обработке информации (IFIP) в 1968–71 годах.

²⁴ Будущего космического туриста на МКС. Он повёз в космос в качестве сувенира бумажную ленту от советской ЭВМ «Урал-2» 1964 года выпуска. На этой ЭВМ он, один из основателей «Майкрософта», когда-то делал свои первые шаги в информатике.

²⁵ Напомню для тех, кто не знает, что в то время электронной почты не существовало.

²⁶ Мне довелось участвовать в этой встрече, которая началась с объяснения А. ван Вейнгаардена, что его фамилию следует переводить на русский язык как “Виноградников”. За обедом он рассказал, что в молодости симпатизировал марксизму и участвовал в молодёжных



Слева направо: (2) Йорн Йенсен, (3) Пер Бринч Хансен, изобретатель программных мониторов, крайний справа – Петер Наур

В последнем номере Алгол Бюллетеня (№ 52) за август 1988 г., известившем о смерти А. ван Вейнгаардена, была опубликована статья Г. С. Цейтина об обработке исключительных ситуаций [12]. Закончилась и жизнь форума, обсуждавшего проблемы языков программирования типа Алгол в течение многих лет.

В 1968 г. по стране прокатилась волна образования отделений прикладной мате-матики, а 1 апреля 1970 г. была открыта кафедра **Математического обеспечения ЭВМ** с заведующим С. М. Ермаковым. Уже через год состоялся её первый выпуск. Фактически его составили студенты различных математических кафедр, переведённые на третий курс на отделение прикладной математики в год его образования (1969), когда этой кафедры ещё не существовало.

С начала 70-х отчетливо начала ощущаться слабая оснащённость ВЦ ЛГУ современной вычислительной техникой. Например, разработка проекта реализации Алгола 68 для ЕС ЭВМ²⁷ началась, когда собственных машин этого типа в ВЦ ЛГУ ещё не было. По этой причине в 1971 для студентов кафедры, участвовавших в этом проекте, производственную практику пришлось организовывать в Москве у заказчика (НИЦЭВТ) на системах IBM 360/370 – прототипах отечественных ЕС ЭВМ.

К 1976 г. проект “Алгол 68” в основном был завершён. Отчёт [13] по нему подвел научный итог этой работы. Участниками проекта, и не только студентами, эта работа расценивалась как настоящая школа системного программирования²⁸.

Следует сказать, что реализация шла параллельно с разработкой языка, и это требовало находить такие технологические решения, которые позволяли бы с минимальными усилиями реагировать на изменения языка. Именно тогда был разработан метод автоматической генерации анализаторов. Впоследствии этот опыт был использован при реализации Ады для ЕС ЭВМ и серии трансляторов Алгола 68 для персональных ЭВМ в лаборатории системного программирования.

В 1971 г. в Ленинград переехал **Святослав Сергеевич Лавров** (12.03.1923, Ленинград – 18.06.2004, С. Петербург), который сменил С. М. Ермакова на посту заведующего кафедрой до 1977 г. Благодаря его широкому научным интересам и эрудиции в различных областях компьютерной науки: языках программирования и методах их трансляции, теории и методологии программирования, баз данных и искусственного интеллекта, значительно обогатилась тематика научных исследований и, соответственно, дипломных работ студентов.

При С. С. Лаврове вдвое увеличился приём студентов на кафедру (до 50 человек), и получила значительное развитие аспирантура по компьютерной науке. Тогда же был создан диссертационный совет по специальности 05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов, систем и сетей. Этот совет, позже дополненный ещё двумя специальностями: 05.13.17 – теоретические основы информатики и 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, работает до сих пор²⁹.

С. С. Лавровым, А. О. Слисенко и Г. С. Цейтиным был разработан проект учебной программы по специальности “Информатика и системное программирование” [15], сыгравший заметную роль в утверждении в СССР информатики как самостоятельной науки. Начал



Чл-корр. РАН
С. С. Лавров

движениях. Заметив, что вокруг курят, рассказал, что сам просил курить, когда однажды, захотев закурить, обнаружил в зубах свою дымящуюся трубку.

²⁷ Эта система программирования на базе языка АЛГОЛ 68 использовалась на факультете в учебном процессе в течение 10 лет (1976–1986). Ещё дольше она применялась в промышленных разработках.

²⁸ По этой тематике С. Н. Баранов, П. Сёке, А. Н. Терехов в ЛГУ защитили кандидатские диссертации, а А. Шоймоши (в Эрлангене, Германия) получил степень доктора философии [14].

²⁹ В 1998 г. я защитил докторскую диссертацию по монографии [16], подытожившей работу над технологическим комплексом SYNTAX. С. С. Лавров выступал в качестве официального оппонента. Кажется, это было его последнее выступление в таком качестве.



Три зав. кафедрой мат. обеспечения ЭВМ (информатики) в разное время:
проф. С.С. Лавров, А.О. Слисенко,
Н.К. Косовский

следования связаны с теорией сложности алгоритмов, логическим программированием, искусственным интеллектом (логические методы, эвристический поиск).

В заключение хочется привести слова Сади: “Иных уж нет; а те далече”.

Список литературы

1. Из истории отделения информатики математико-механического факультета Санкт-Петербургского университета. Стр. 63–78. // История информатики и кибернетики в Санкт-Петербурге (Ленинграде). Вып. I под общей ред. чл.корр. РАН Р.М. Юсупова. С-Пб, Наука, 2008.
2. Наш матмех (1954-1959). Санкт-Петербург, 2007, с. 277.
3. БЮЛЛЕТЕНЬ ИТА, изд. «Наука», М. Том X, №7 (120), 1965, с. 457–507; Том X, №9 (122), 1966, с. 611–623; Том XI, №1 (124), 1967, с. 33–47.
4. Канторович Л. В.. Об одной математической символике, удобной при проведении вычислений на машинах. ДАН СССР, 1957, т. 113, № 4, стр. 738–741.
5. Б. К. Мартыненко, И. А. Мартыненко. Инструкция для подготовки входной информации к вычислениям астрографических координат ИСЗ и соответствующих им моментов времени на электронной вычислительной машине “Урал”. Астросовет АН СССР. 1961, с. 30.
6. А. Масевич. Наблюдая за спутниками. // Пути в неизвестное. Писатели рассказывают о науке. Сборник 2. М.: Советский писатель, 1962, с. 459-490.
7. Балуйев А. Н., Балина Г. А., Братчиков И. Л., Иголкин В. Н., Ковригин А. Б., Мартыненко Б. К., Порошин Б. С., Су-рин С. С. Программирующая программа для ЭЦВМ с входным языком типа АЛГОЛ. // “Вычислительная техника и вопросы программирования”, вып.2, ЛГУ, 1963, с. 105-115.
8. П. Наур. Структура компилятора ЖИЕР АЛГОЛ. // “Современное программирование”, Советское радио, М. 1966, с. 161-207.
9. Stack analysis. Scandinavian Information Processing Systems. A/S Regnecentralen, Copenhagen, 1968.
10. J. Jensen, S. Lauesen, B. P. Lindgreen, B. K. Martynenko, D. B. Wagner. Pass actions, pass output, and storage organization in the Gier Algol 4 Compiler. Scandinavian Information Processing Systems. A/S Regnecentralen, Copenhagen, 1969.
11. van Wijngaarden (Editor) B. J. Mailloux, J. E. L. Peck and C. H. A. Koster. Report on the Algorithmic Language ALGOL 68. Offprint from Numerische Mathematik, 14, 79—218 (1969). Springer-Verlag, Berlin • Heidelberg • New York.
12. G. S. Tseytin. An Exception Handling Proposal for ALGOL 68. 1988, с. 14–26.
13. Алгол 68. Методы реализации. Под ред. Г. С. Цейтина, Л., ЛГУ, 1976. – 234 с.
14. Andr as Solymosy. Synthese von analysierenden Automaten auf Grund von formalen Grammatiken. Dissertation, Band 11, Nummer 10, Erlangen, Juli 1978.
15. С. С. Лавров, А. О. Слисенко, Г. С. Цейтин. Проект учебного плана специальности: ‘информатика и системное программирование’. Микропроцессорные средства и системы. 1985, №4, с.20-28.
16. Б.К. Мартыненко. Синтаксически управляемая обработка данных. СПбГУ, 1997, с.362; 2-е изд.: СПбГУ, 2004, 316 с.

³⁰ Ученик Николая Александровича Шанина. Н. А. Шанин возглавил ленинградскую ветвь школы А. А. Маркова после отъезда последнего в Москву.

Из истории работ по созданию информационных систем и сетей ЭВМ общего назначения, проводимых в Сибирском отделении АН СССР

Марчук А.Г.
Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН
mag@iis.nsk.su

From the History of the Creation of General Purpose Information Systems and Computer Networks, Held in the Siberian Branch of USSR Academy of Sciences

Marchuk A.
A.P. Ershov Institute of Informatics Systems SB RAS

Введение

В последнее время в отечественных СМИ появились публикации, посвященные 40-летию создания Интернета [1, 2]. Не смотря на то, что основаны эти публикации на фактическом материале, в них отражен, порой, слишком односторонний взгляд на вопрос. Это может привести к тому, что молодое поколение сделает вывод о безусловном приоритете американских разработчиков в появлении Интернета. Многие публикации перепечатывают «эпохальное» заключение: «2 сентября 1969 года стало знаковым днем для истории Интернета – именно тогда был установлен и запущен самый первый сервер ARPANET. И хотя сама сеть представляла собой два больших стационарных компьютера, соединенных кабелем, эти две машины смогли передать друг другу несколько байт данных. Вскоре это событие стали считать днем рождения Интернета» [1]. Подобные публикации создают впечатление, что до «знакового дня» компьютеры вообще «не умели» обмениваться информацией, что совершенно не соответствует реалиям как западных, так и советских достижений. В данной работе автор представит анализ проектов, выполнявшихся в 60-80-е годы в Сибирском отделении Академии наук СССР. Поскольку терминология, используемая в оригинальных материалах, часто не соответствует современной, для ее понимания пришлось произвести своего рода реставрацию по контексту и тем идеям, которые питали проекты.

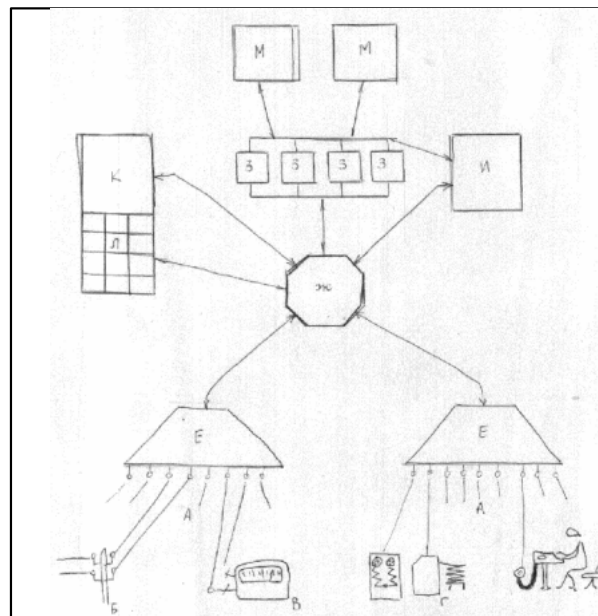
Проект АИСТ-0

Проект АИСТ (Автоматические Информационные Станции) был инициирован Андреем Петровичем Ершовым в Вычислительном центре Сибирского отделения в 1966 году, приобрел государственный статус и выполнялся несколькими организациями до начала 80-х годов под общим руководством Андрея Петровича. Цели проекта и основные черты замысла были определены в концептуальной записке А.П. Ершова «О содержании и организации работ по проекту АИСТ» [3], которая сохранилась как в рукописном, так и машинописном вариантах.

Анализ целей позволяет сделать вывод, что в современной терминологии речь идет о технологиях распределенной, в том числе географически распределенной сети информационного абонентского обслуживания разных категорий пользователей. В частности, «конечной задачей исследований по этой теме является разработка теории и методики конструирования автоматических информационных станций (АИСТов) – крупных и средних вычислительных комплексов, соединенных каналами связи с большим количеством источников и потребителей информации и осуществляющих непрерывную и совместную обработку этой информации ...». Обращает на себя внимание тот факт, что проект позиционировался и в государственном масштабе как потенциальный элемент технологии Единой государственной сети вычислительных центров (ЕГСВЦ). Кстати, ЕГСВЦ в дальнейшем перерос в ОГАС (Объединенную государственную автоматизированную систему), про эти проекты много говорили с высоких трибун и писали в прессе, но кажется, работающая сеть так и не была запущена в промышленную эксплуатацию.

Важно также то, что А.П. Ершов писал о международном фоне научных идей, питающих такие проекты. При этом он ссылаясь на прецеденты, выполненные в Массачусетском технологическом институте, Стэнфордском университете, корпорации РЭНД.

Далее, в записке обрисовываются общая схема АИСТа и некоторые особенности возможной реализации. Ключевым моментом архитектуры АИСТ являются каналы связи: каналы индивидуальной связи с конечными абонентами, каналы между информационными узлами, каналы взаимодействия с реальными объектами (изме-



рения, управления, телеметрии). Каналы связи подключаются к компьютерам и устройствам через программируемые устройства, названные коммутаторами – прототипами будущей широкой гаммы телекоммуникационных устройств. Ядром АИСТа является центральный процессор, запрограммированный на работу в режиме разделения времени. Приведена нарисованная схема, предложенных технических решений. В центре схемы (ж) располагается переключатель внутренних каналов.

В организационной части записки проект был разбит на 7 направлений, определены также локальные для Вычислительного центра СО АН цели. АИСТом-0 была названа (прототипная) конфигурация, состоящая из управляющей и коммуникационной машины на базе Минск-22, вычислительного процессора – машины М-220, коммутаторов и терминалов – 10-15 телетайпов, один-два информационных узла, два-три канала от реальных объектов или удаленных источников информации. Соответственно определялась и более мощная конфигурация АИСТ-1 на базе БЭСМ-6.

Довольно детально обрисовывались программные средства, которые надо было разработать. В частности, это: супервизор, система программирования на базе системы СИГМА, система программирования и отладки на АЛГОЛе, универсальная система выполнения аналитических выкладок, пробная система программного обучения, система информационного обслуживания.

Что дало возможность инициировать столь сложный проект в условиях, когда только поступали в эксплуатацию первые полупроводниковые машины, и при практически полном отсутствии промышленно изготавливаемого телекоммуникационного оборудования? Это – четкое представление о путях расширения сфер использования ЭВМ, осознанное в научном сообществе и наличие высококлассных инженеров и программистов, способных создать и «заставить» работать специальные устройства, запрограммировать достаточно сложные системы.

К обсуждению проекта Андрей Петрович привлек одного из ведущих специалистов из США Джона Маккарти (Стэнфордский университет). Наверняка, он также обсуждал этот проект и с другими учеными, но мнение Маккарти было изложено (лично Ершовым) в виде рукописного документа «Некоторые замечания к проекту АИСТ» [3], датированного 1967 годом. К этому времени проект «оброс» деталями, включая спецификации некоторых критичных частей. Замечания, в основном, носили частный и рекомендательный характер по вопросам того как реализовать такую систему и на что надо обратить особое внимание при доработке спецификаций. Кроме того, Маккарти сделал следующее заключение: «В целом я остался при прежнем мнении, что АИСТ-0 излишне сложен в оборудовании».

Уже к середине 1967 года было подготовлено формальное описание (спецификации) проекта и он перешел в стадию реализации. Изучение документов архива показывает, насколько сложной оказалась ключевая проблема – проблема с оборудованием. Для обеспечения надежной работы желательно было иметь оборудование, не производящееся в СССР, переписка Ершова показывает, что была сделана попытка приобрести: дисковую память, экранные пульта (видимо – терминалы), систему памяти, мини-ЭВМ фирмы ICL. Поскольку это оборудование в дальнейшем не фигурирует в списках и описаниях, можно сделать вывод о том, что закупки не были осуществлены.

Пришлось обойтись собственными возможностями. Использовались малая машина Минск-22 и «большая» машина М220, их периферийное оборудование, а также гамма самодельных устройств. Инженерами ВЦ были разработаны, изготовлены и эксплуатировались 12 видов нестандартного оборудования, включая коммутатор оперативной памяти (3 шт.), селектор внешней памяти (2 шт.), селектор внешних каналов (2 шт.) устройства управление телетайпами, система прерываний и готовностей.

В начале 1969 года было произведено включение проекта АИСТ в государственную программу и в дальнейшем, в течение около 10 лет АИСТ фигурировал в программах ГКНТ, что, правда, мало дало для материально-технического снабжения проекта.

В мае 1971 года была произведена приемка первой очереди проекта АИСТ-0. В процессе работы «комиссия убедилась в общей работоспособности оборудования и матобеспечения системы АИСТ-0». Вместе с тем отмечались недостаточная стабильность работы оборудования, недоработки программы РЕДАКТОР, недостаточная полнота технической документации. В дальнейшем, система была принята в опытную эксплуатацию и прошла приемку комиссией Президиума СО АН.

Сетевые возможности были реализованы следующим образом: имелись переключаемые между машинами комплекса оперативная память и внешняя память на магнитных барабанах и имелась система внешнего прерывания для включенных в комплекс машин. Система общей памяти использовалась в качестве среды для сообщений и передаваемых массивов информации, а система прерываний и готовностей – для межпроцессных и межпроцессорных синхронизаций. В принципе, была реализована отсутствующая тогда система канальных портов. Отсутствие хотя бы второй станции в первом макете не дало возможности сконцентрироваться на следующем слое вопросов, характерных для сетевых конфигураций – на протоколах сетевого обмена. Частичное решение, выполненное программными средствами, заключалось в так называемых «боксах» - буферной памяти, доступной разным процессам и со стороны разных ЭВМ.

Характерной особенностью уже первого этапа проекта АИСТ-0 было то, что создавалось и предъявлялось комиссии полезное программное обеспечение, которое состояло из: программы ФОН – организатора пакетной обработки, программы ЛТД – планировщика пакетной обработки, программы ПУЛЬТ – отладчика ручных программ в режиме разделения времени, программы АНАЛИТИК – системы аналитических преобразований в режиме разделения времени, программы ДИАЛГОЛ – пошагового транслятора и интерпретатора программ на

языке АЛГОЛ, программы ТЕНЗОР – решателя задач линейной алгебры в режиме диалога с абонентом, программы ИПС-0 – информационно-поисковой системы по библиографии, программы ИНФОРМАТОР – иерархически выстроенной системы документации по системным программам АИСТ-0, программы СТАТИСТИКА – обработчика статистической информации о работе системы. Были также и другие диалоговые, в том числе игровые программы.

Проект АИСТ-0 значительно опередил возможности его реализации в тех условиях. Кроме отмеченных проблем с оборудованием, все приходилось делать «с нуля» и фактически не было основы, к которой можно было бы добавлять элементы и функции. Проект, безусловно, оказал существенное влияние на последующие проекты, выполненные в ВЦ и в СССР, возможно проект оказал и научное влияние на исследования и разработки, ведшиеся в западных странах. Главным достижением было формирование группы специалистов, которые получили понимание особенностей построения сетевых решений и опыт комплексной разработки этого направления. АИСТ-0 не стал прототипом компьютерной сети и трансформировался в экспериментальную систему коллективного использования централизованных вычислительных и информационных ресурсов. Обзор проекта, его трудности и результаты изложены также в [4, 5].

Проекты ВЦКП и Академсеть

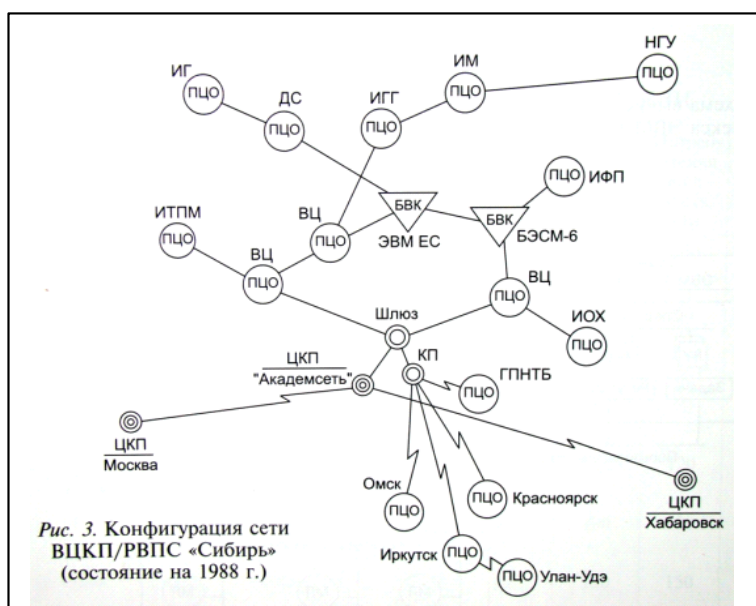
В середине 70-х годов Вычислительный центр СО АН СССР на новом уровне вернулся к созданию сетевого комплекса. Проект назывался ВЦКП – вычислительный центр коллективного пользования. С одной стороны, проект диктовался потребностями Вычислительного центра, существенно нарастившего вычислительные мощности и обслуживающего все организации Новосибирского научного центра и ряд отраслевых организаций. С другой стороны, использование компьютеров во все новых областях, породило распределенные вычисления, системное «дружелюбное» прикладное программное обеспечение, информационные системы и базы данных. И наконец, в мире начался всплеск работ по сетевой проблематике, появились первые стандарты или рекомендации уровня стандартов, канонической стала семиуровневая модель комплексирования открытых систем, пакетная коммутация стала общепринятой.

Инициатором проекта стал директор Вычислительного центра СО АН академик Гурий Иванович Марчук. Концепция была издана препринтом ВЦ [6], сформирован коллектив, состоящий из ученых, инженеров, системных и прикладных программистов. Работа столь энергично продвигалась ее инициатором и координатором, что это послужило поводом сотрудникам ВЦ изгототить шуточный плакат – «Все ли сделано для системы разделения времени?», где изображен грозно нахмурившийся А.Г. Марчук.

То, что речь шла о создании компьютерной сети, следовало из концепции [6]: «Наиболее полно удовлетворить перечисленные выше требования может структура вычислительного комплекса, которую можно классифицировать как сеть ЭВМ». К тому времени технические возможности Вычислительного центра окрепли и, забегая вперед, скажу, что проект полностью удался и все декларированные цели были достигнуты, а начальный вариант сети компьютеров был создан и функционировал в Новосибирском Академгородке уже к 1978 году. В создании специальных аппаратных средств также принимал участие Институт автоматики и электрометрии СО АН (Новосибирск), предоставивший освоенный конструктив КАМАК и некоторые модули.

Структурно ВЦКП явно представлял собой компьютерную сеть. Некоторой особенностью решений было разделение вычислительных узлов на узлы централизованного вычислительного центра и периферийные (абонентские) узлы. Абонентские узлы располагались в других институтах и организациях, подчас довольно удаленных, и предоставляли доступ к основным вычислительным мощностям, а также к централизованным программным и информационным ресурсам.

Довольно сложным, но как впоследствии оказалось, мудрым решением была прокладка по территории Новосибирского Академгородка специализированной сети связи. Была построена уникальная система коммуникаций с кабельными каналами, колодцами, медными витыми проводами (сейчас там лежит оптоволокно), которая связывала практически все институты и административные центры Академгородка. Канальная аппаратура (собственного проектирования и производства Опытного завода СО АН) обеспечивала передачу данных со скоростью 50 кбит/сек [7]. Уже в конце 1980 года проект ВЦКП был принят Межведомственной комиссией Государственного комитета по науке и технике и получил высокую оценку – Государственную премию Совета Министров СССР.



Успехи академических разработок, в том числе проекта ВЦКП, позволили Государственному комитету по науке и технике в начале 80-х годов сформировать проект создания общесоюзной ведомственной сети «Академсеть». Тем временем проекты построения общегосударственной системы передачи цифровой информации, мягко говоря пробуксовывали. Проект «Академсеть» охватывал все регионы Советского союза, почти все научные центры Академии наук. Структурными частями такой глобальной сети были определены 8 региональных подсетей: «Центр», «Северо-Запад», «Прибалтика», «Юго-Запад», «Урал», «Сибирь», «Средняя Азия», «Дальний Восток». Руководителем региональной подсети «Сибирь» был назначен д.ф.-м.н. Вадим Евгеньевич Котов.

Для этой части проекта ситуация была почти очевидной и относительно простой: надо было распространить уже отработанные решения ВЦКП на научные центры Сибирского отделения. Ну и, естественно, нужно было обеспечить связь с другими региональными подсетями. Кроме того, были взяты дополнительные обязательства по созданию полезных сетевых сервисов.

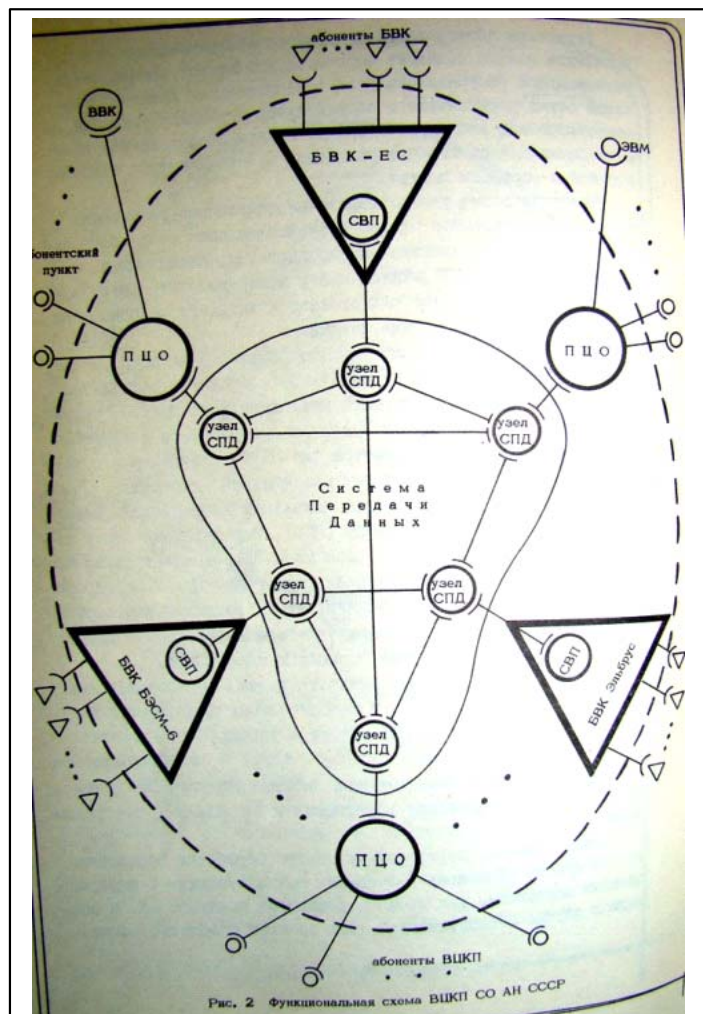


Рис. 2 Функциональная схема ВЦКП СО АН СССР

К периоду устойчивой эксплуатации, созданная в рамках ВЦКП/Академсеть региональная сеть включала в себя: 16 узлов передачи данных, 6 базовых ЭВМ (БЭСМ-6, ЕС ЭВМ), 15 миниЭВМ, около 200 терминалов различного типа [7]. В рамках проекта были адаптированы к сетевому использованию информационные системы: библиографическая система по ресурсам ГПНТБ СО РАН, банк данных по молекулярной спектроскопии, база данных «Население» по социуму Новосибирского Академгородка.

Региональная сеть «Сибирь» функционировала до конца 80-х годов и прекратила свое существование в силу невозможности поддержки устаревших решений и отсутствия средств на модернизацию. Однако, сеть Новосибирского Академгородка довольно быстро была создана вновь, теперь уже в системе стандартов Интернет и с подключением к глобальному Интернету [8]. Уже в 1995 году начал функционировать фрагмент новой реализации городской сети и эта сеть быстро расширялась. Этому способствовал ряд обстоятельств. Первое – то, что в Академгородке имела высокая потребность в Интернете и были специалисты с опытом участия в ВЦКП и Академсети, а также уже освоившие ряд решений, применявшихся в глобальной сети. Еще до 1995 года, в период полной организационной неопределенности, по телефонным каналам, энтузиастами выстраивались действующие элементы глобальной сети и, по крайней мере, сервисы типа электронной почты и передачи файлов функционировали еще в 80-х. Приведу пример: в период ГКЧП (1991 г.)

основную информацию о событиях в Москве общественность Академгородка получала через электронную почту и доски новостей.

Вторым существенным обстоятельством было то, что удалось использовать организационные и финансовые возможности ряда организаций: Сибирского отделения, РФФИ, Международного научного фонда (фонда Дж. Сороса), INTAS. К тому времени ограничения Запада относительно поставки компьютеров, сетевого оборудования и программного обеспечения (КОКОМ) были сняты, и стало возможным оснастить создаваемую сеть современными решениями.

Третий фактор – наличие в Академгородке развитой специализированной кабельной сети с приемлемыми на тот период характеристиками. Достаточным оказалось наличие в том или ином институте одного-двух энтузиастов и хотя бы одной персональной или миниЭВМ для того, чтобы быстро подключать институт к общей инфраструктуре. Хорошо организованный проект плюс метод «народной стройки» дали кумулятивный эффект в виде «правильно» устроенной городской сети, подключенной по хорошим каналам к глобальному Интернету. Довольно быстро начали наращиваться и собственные информационные ресурсы, в первую очередь – массивы научных данных. Был период, когда региональная сеть Академгородка превышала по ряду показателей (количество узлов, пользователей, ресурсов) национальные сети некоторых небольших европейских государств!

Выводы

Всемирная сеть Интернет явилась плодом усилий специалистов из разных стран, создавалась «всем миром», в том числе и исследователями и конструкторами нашей страны. Велика роль в ее создании академического сообщества. На Западе она рельефно проявилась в разработках ведущих университетов, заложивших научные основы сетевых решений. Далее, научное (академическое) сообщество было наиболее активным участником формирования глобальной сети в период, когда сеть ARPANET была передана университетам. В нашей стране Академия наук и университеты с самого начала и на всем дальнейшем протяжении истории играли ключевую роль в построении компьютерных сетей общего назначения. Отрасли создали уникальные специализированные сети военного назначения, но не смогли выполнить государственных планов по созданию общегосударственной сети [9]. Ученые – смогли. Основным препятствием в разработке сетей ЭВМ была изолированность экономики социалистических стран от западных достижений, приводившая к «натуральному» способу создания новой техники – приходилось делать все: от проектирования и изготовления микросхем, плат до разработки операционных систем, сетевого софтвера и прикладных пакетов. В лучшем положении находились именно ученые – благодаря международному общению они сохраняли высокий уровень понимания процессов технического прогресса, более того, активно участвовали в нем как в теоретических построениях, так и в проведении важных экспериментов.

Список литературы

1. Портнова О. Интернет отмечает 40-летний юбилей // <http://www.telegraf.lv/news/internet-otmechaet-40-letnii-yubilei>, 16:49 02.09.2009
2. Ермоловская Т. Неофициальная версия возникновения Интернет // <http://www.liveinternet.ru/users/tatasoz/post109508564/>, 2 сентября 2009.
3. Архив академика А.П.Ершова // <http://ershov.iis.nsk.su/archive>
4. Институт вычислительной математики и математической геофизики (ВЦ) СО РАН: Страницы истории, отв. ред. Б.Г. Михайленко. Новосибирск, Академическое издательство «Гео», 2008. 612 с.
5. Крайнева И.А. Страницы биографии академика А.П. Ершова: создание системы разделения времени АИСТ-0. Информационные ресурсы России. 2007, №1, с.30–33. Крайнева И.А., Черемных Н.А. Путь программиста. Новосибирск: Нонпарель, 2011. С. 53-64.
6. Марчук Г.И., Москалев О.В. О проекте создания территориального ВЦКП в Новосибирском Академгородке (концепция). / Препринт, Новосибирск, 1976 г., 13 с.
7. Метляев Ю.В. История ЭВМ в Вычислительном центре Сибирского отделения АН СССР // Институт вычислительной математики и математической геофизики (ВЦ) СО РАН: Страницы истории, отв. ред. Б.Г. Михайленко. Новосибирск, Академическое издательство «Гео», 2008. С. 366-396.
8. Бредихин С.В. История проекта «Сеть Интернет Академгородка» // Институт вычислительной математики и математической геофизики (ВЦ) СО РАН: Страницы истории, отв. ред. Б.Г. Михайленко. Новосибирск, Академическое издательство «Гео», 2008. С. 460–479.
9. Gerovitch S. InterNyet: Why the Soviet Union Did Not Build a Nationwide Computer Network // History and Technology. 2008. Vol. 24. P. 335–350.

История применения ЭВМ в новосибирском Академгородке

Метляев Ю.В.

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН
630090, Новосибирск, Россия

Аннотация. Рассмотрены исторические аспекты освоения и развития первых отечественных ЭВМ на примере их использования в Новосибирском научном центре.

Ключевые слова: вычислительная техника, история науки и техники, технология решения задач, эффективность ЭВМ.

The History of Computers in Novosibirsk Akademgorodok

Metlyaev Yu.

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, SB RAS

Abstract. History of adaptation and development of domestic computers on example of their exploitation in Novosibirsk scientific center is discussed.

Key words: computing systems, history of science and technology, technology of problems' solving, computer efficiency.

Вся история развития электронной вычислительной техники (от появления первых ламповых ЭВМ до современных компьютерных кластеров и Интернета) сравнительно невелика – всего около 60-ти лет. Но темпы развития и смена поколений техники настолько динамичны, что уже сейчас первая половина этого пути кажется далекой историей, а представление о первых ЭВМ теряется во времени. В связи с этим представляет определенный интерес уникальный опыт применения первых ЭВМ в Новосибирском научном центре, в частности в Вычислительном центре СОАН СССР¹.

Первая попытка публикации такого материала (в ограниченном тираже) была предпринята в сборнике, посвященном его истории². В статьях этого сборника освещены все аспекты пройденного пути, и это касается не только технических средств, но и в плане разработки вычислительных технологий в различных областях науки и техники, и прежде всего внедрение их в научных институтах Академгородка.

1. Первая ЭВМ

Исторически создание Сибирского отделения АН СССР (1957 г.) практически совпало с появлением первых серийных ЭВМ. Уже через два года после образования Института математики здесь появилась первая ЭВМ М-20, которая была установлена в построенном к тому времени здании Института геологии и геофизики. Это была одна из первых отечественных ЭВМ так называемого первого поколения, обладавшая следующими техническими характеристиками:

- элементная база – электронные лампы, ферритовые сердечники, магнитные барабаны, магнитные ленты;
- скорость вычислений – 20,000 операций в секунду;
- формат машинных регистров (слов, команд) – 45 разрядов;
- объем оперативной памяти – 4096 слов, цикл обращения – 6 мкс;
- занимаемая площадь – около 100 м²;
- потребляемая мощность – около 70 кВт.

Математические характеристики машины (система команд, формат представления чисел и команд, средства программирования) позволяли выполнять набор основных арифметических действий, набор логических операций, операций управления процессом решения задачи, команд управления внешними накопителями и устройствами. Например, 45-разрядная арифметическая команда содержала три 12-разрядных адреса оперативной памяти (адреса двух операндов и адрес записи результата операции), 6-разрядный код операции, три одноразрядных признака модификации соответствующих адресов (модификация осуществлялась путем сложения адреса и содержимого индексного регистра).

В качестве внешних накопителей использовались четыре магнитных барабана емкостью 4096 слов каждый и четыре магнитофона бескассетной магнитной ленты. Ввод задач осуществлялся с перфокарт с помощью специального считывающего устройства, результаты выводились на узкую цифровую печать или на карточный перфоратор.

Первыми пользователями ЭВМ М-20 стали сотрудники Института математики, которые быстро научились преобразовывать исходную запись задачи в коды машины, что и означало «запрограммировать задачу». Так возник коллектив математиков-программистов, на первом этапе выполнявших роль посредников по отношению к научным работникам, которым требовалось решение задач на машине. С самого начала был организован

¹ В настоящее время это – Институт вычислительной математики и математической геофизики (ИВМиМГ) СО РАН.

² Институт вычислительной математики и математической геофизики (ВЦ) СО РАН: Страницы истории. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. – 612 с.

круглосуточный режим работы, создано несколько дежурных смен в составе инженера, электрика и оператора, которые отвечали за работоспособность машины в свою смену. Сначала каждый математик или программист, совместно с оператором ЭВМ, полностью контролировали процессы ввода, решения и вывода результатов каждой задачи. По мере роста числа задач и приобретенного опыта формировался текущий пакет задач с соблюдением определенной очередности, и уже дежурный оператор самостоятельно обеспечивал их решение. Таким образом зарождалась некая технология вычислительного процесса на ЭВМ.

Главной проблемой практического использования первой ЭВМ являлась ненадежность ее работы. Частые отказы электронных ламп, сбои в работе магнитных барабанов и магнитных лент, механические поломки в устройствах считывания перфокарт и распечатки результатов – все это требовало постоянного надзора со стороны обслуживающего персонала и создавало много трудностей.

В то же время, уже на первой стадии эксплуатации машины были выполнены некоторые разработки с целью повышения устойчивости и эффективности ее работы. В частности, были начаты работы по проектированию специализированной приставки – «машины ввода-вывода», предназначенной для разделения и совмещения по времени быстрых операций решения задач и медленных операций ввода-вывода. Другое направление было связано с разработкой специальной программы учета решаемых задач, сбора статистики и далее – системы контроля и диспетчеризации вычислительного процесса. Была создана специализированная система быстрого обнаружения неисправных ламповых ячеек.

Таким образом, с самого начала вокруг первой ЭВМ сложилась своеобразная обстановка, связанная с новой техникой, новыми возможностями, новыми проблемами.

Все приходилось начинать «с нуля». Это – и кадры, и порядок работы, и технология решения задач, и множество чисто организационных проблем. Сам факт появления первой ЭВМ в только что образованном в Сибири научном центре получил некий символический резонанс. Например, все значимые и даже обычные делегации, посещающие Академгородок, удостоивались экскурсии на «неведомую» ЭВМ: правительственная делегация во главе с Н. С. Хрущевым, делегация из Финляндии во главе с президентом У. Кекконеном, делегация космонавтов во главе с Г. Титовым и др. Всех удивляли размеры машины с тысячами электронных ламп, хаотично мигающий множеством огней пульт управления и даже звуковое сопровождение циклического ритма счета задач (существовала специальная задача, во время выполнения которой создавался эффект звучащей мелодии). Это была новизна, молодость, энтузиазм. Было настоящее Начало. Сразу необходимо отметить, что на первом этапе формирование парка ЭВМ и их эксплуатация в интересах всех научных институтов городка были сосредоточены в едином Вычислительном центре. Поэтому и больший акцент в данном докладе сделан с учетом этого обстоятельства.

2. Основные организационные решения

2.1. Образование Вычислительного центра при Институте математики. Первый вычислительный центр на уровне отдела был образован при Институте математики, созданном по инициативе акад. С. Л. Соболева, одного из основателей Новосибирского академгородка. Это произошло сразу после принятия решения о выделении СО АН целевым образом первой ЭВМ М-20 и передаче ее Институту математики. В связи с этим начался процесс формирования соответствующего коллектива, прежде всего обслуживающего персонала (инженеров, операторов, электриков) путем обучения их на специализированных ускоренных курсах при образованном в Академгородке университете. Из числа выпускников различных вузов страны были привлечены несколько специалистов по вычислительной технике и программированию. Так сложился коллектив первого вычислительного центра. Руководителем технического подразделения стал Г. П. Макаров, коллектив математиков-программистов работал под руководством А. П. Ершова. Все, что было выполнено за первый период существования этого центра (1958–1963 гг.) и кратко описано в п. 1, было сделано этим коллективом и в значительной степени определило его будущее.

2.2. Образование Вычислительного центра как самостоятельного научного института. В начале 1964 г. по инициативе Г. И. Марчука в Сибирском отделении АН СССР был создан Вычислительный центр (ВЦ), который с самого начала приобрел статус научного института. Вычислительная техника, находившаяся в распоряжении вычислительного центра – отдела Института математики, была передана ВЦ, его сотрудниками стали члены сформировавшегося к тому времени инженерно-технического коллектива. В целом это событие коренным образом изменило общую ситуацию в плане развития вычислительной техники, а также положило начало развитию вычислительных технологий в интересах всех институтов Новосибирского научного центра. Основополагающим принципом на уровне Президиума Сибирского отделения был избран принцип централизации основных (наиболее мощных и дорогостоящих) средств вычислительной техники в едином научно-техническом центре с целью обеспечения наиболее эффективного режима их загрузки и использования. Более того, дирекция ВЦ отказалась от бюджетных средств на развитие вычислительной техники. Эти средства были переданы в другие институты, а ВЦ обязался их зарабатывать (по отдельным договорам), предоставляя институтам доступ к централизованным вычислительным ресурсам.

Уже в первый год существования Вычислительного центра в новом здании были установлены три ЭВМ М-20, существенно расширен штат обслуживающего персонала, основные усилия которого были направлены на организацию круглосуточного режима решения пользовательских задач. Одновременно происходил процесс формирования ряда научных подразделений для разработки и распространения новых вычислительных методов решения конкретных прикладных задач, в частности таких задач, с которыми сталкивались математики в дру-

гих институтах Сибирского отделения.

Был образован отдел программирования, который сыграл очень важную роль в разработке теоретических основ машинного программирования, а также конкретных программных инструментов (алгоритмических языков программирования, трансляторов, операционных систем и др.).

В институте сформировался коллектив разработчиков, нацеленных на выполнение различных работ по модернизации и адаптации оборудования, на создание оригинальных устройств и систем вычислительной техники [1]. При этом ряд наиболее объемных и оригинальных работ имел комплексный характер и оформлялся в виде отдельных проектов.

2.3. Создание Главного производственного вычислительного центра. На определенной стадии развития (в конце 70-х гг.), когда увеличение объема технического оборудования и численный рост обслуживающего персонала (в рамках научного института) достигли некоторого предела, был образован Главный производственный вычислительный центр (ГПВЦ) как самостоятельное хозяйственное предприятие. Большая часть оборудования была передана на его баланс, определились структура этого центра и его устав. Предоставляемые услуги (машинное время, техническое обслуживание и др.) приобрели статус товара, появились материальные стимулы работы. Все это явилось мощным импульсом для подъема профессионального уровня обслуживания машин и предоставляемых услуг. Вся сформированная структура (общая численность – около 300 человек) была подчинена достижению одной цели, что положительно отразилось на результатах. Главное – на практике была отработана технология решения широкого круга задач на ЭВМ в условиях многомашинного вычислительного комплекса коллективного пользования. Следует отметить, что это был уникальный и престижный вычислительный центр, о чем свидетельствует хотя бы тот факт, что получаемые с завода перфокарты были снабжены его логотипом. Первым директором ГПВЦ стал О. В. Москалев, много сделавший для создания центра и его становления.

2.4. Большие перемены. Период «расцвета» ВЦ и ГПВЦ, а также рост уровня имевшихся в то время технических средств и вычислительных технологий пришлось на начало 80-х гг. На тот же период пришелся и резко возросший темп развития вычислительной техники и новых информационных технологий. Традиционная техника и ее базовые элементы менялись на глазах. Поэтому уже к началу 90-х гг. назрела необходимость смены морально устаревающего оборудования (по причинам энергоемкости, низкой производительности, ненадежности, громоздкости). Особенно это касалось ЭВМ ЕС на фоне появившихся сравнимых по мощности мини-ЭВМ, а также в связи с революционным процессом внедрения персональных компьютеров, обладавших практически всеми возможностями ЭВМ БЭСМ-6 в настольном варианте. Необходимо также отметить, что в это же время застойные процессы в стране привели к общему техническому отставанию. Все это в целом не могло не повлиять на судьбу уже сложившихся организационных и технологических построений. В 1990 г. ГПВЦ был преобразован в научный Институт вычислительных технологий (ИВТ), из ВЦ выделился самостоятельный Институт систем информатики (ИСИ), ВЦ был переименован в Институт вычислительной математики и математической геофизики (ИВМиГ). Таким образом закончилась начальная история отечественной вычислительной техники. Конечно, развитие и прогресс не остановились, появились новые технологии и новое оборудование, но это уже другая история.

3. Хронология установки и смены ЭВМ

Для наглядности общая картина развития парка ЭВМ в Вычислительном центре Сибирского отделения приведена ниже на схеме, где во временном масштабе показаны моменты установки и снятия всех машин, бывавших в здании центра. В качестве комментария уместно сделать несколько замечаний общего характера.

1. Представленная здесь схема касается только парка машин, которые были установлены в ВЦ СОАН и их эксплуатация осуществлялась в интересах всех научных институтов и организаций Академгородка. Что касается средств вычислительной техники, которые использовались в отдельных институтах, то это будет по мере необходимости будет отмечено в тексте.

2. За рассматриваемый период (1960–2000 гг.) сменилось три поколения ЭВМ (ламповые, полупроводниковые, машины на интегральных схемах), общий парк ЭВМ насчитывал около 20 машин среднего и высшего класса, более 20 мини-ЭВМ.

3. Отмечается короткий срок жизни ламповых машин первого поколения, сравнительно длительный срок службы ЭВМ БЭСМ-6, большая номенклатура машин третьего поколения (ЭВМ ЕС) и частая их смена.

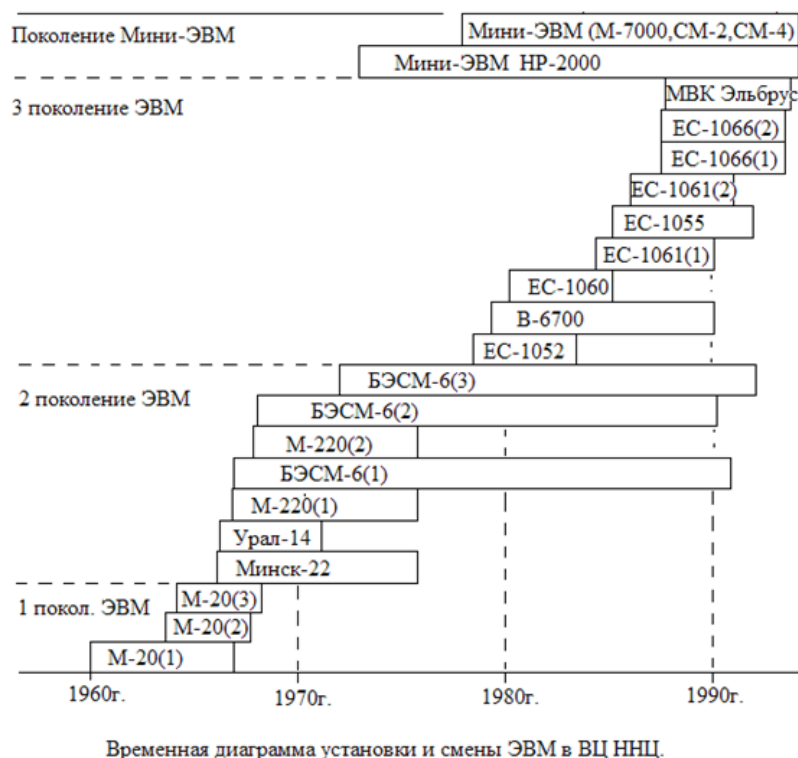
4. Сам факт появления в 1967 г. первой ЭВМ БЭСМ-6 с ее фантастической для того времени производительностью (1 млн. операций в секунду) символизировал качественный прорыв в процессе развития вычислительных технологий.

5. Внедрение новой техники в виде машин ЭВМ ЕС не дало ожидаемого эффекта, более того, символизировало стагнацию и закат отечественной вычислительной техники.

6. В конце 70-х годов появились мини-ЭВМ, прежде всего машина фирмы «Хьюлетт Паккард» (HP-2000), а затем большое количество отечественных машин различного типа (М-6000, М-7000, СМ-2, СМ-4 и др.).

7. Особого внимания заслуживает факт длительного сосуществования ЭВМ БЭСМ-6 и ЭВМ ЕС как машин разных поколений и разных по востребованности.

Эти общие замечания рассматриваются ниже более подробно с позиций практического использования этого значительного парка ЭВМ различного типа.



4. Технические проблемы применения ЭВМ

Работоспособность перечисленного выше вычислительного оборудования обеспечивалась прежде всего техническим персоналом. Его формирование началось с момента монтажа первой ЭВМ (несколько техников и инженеров), в дальнейшем каждая смена поколений машин и рост их числа сопровождались соответствующим ростом кадрового состава технических подразделений и их квалификации.

Усилия технического персонала были направлены на решение следующих основных проблем.

С момента установки первой ЭВМ М-20 был организован круглосуточный режим работы (несколько рабочих смен). Низкая надежность первых ламповых машин требовала постоянного присутствия инженерного персонала, работа которого фактически определялась частотой отказов оборудования. Далее, по мере появления более сложных машин второго и третьего поколений и по мере увеличения их числа отрабатывалась и более сложная технология их обслуживания. В итоге была создана система, нацеленная главным образом на предупреждение сбоев в работе оборудования. Ее суть заключалась прежде всего в проведении планового профилактического обслуживания – своеобразной чистки оборудования и прогонки тестовых задач в критических режимах работы машин. В результате удалось значительно повысить общую работоспособность машин и обеспечить более комфортные условия работы математиков или пользователей ЭВМ.

Много внимания уделялось поддержке оптимальных параметров атмосферы в машинных залах (температура, влажность, чистота и вентиляция воздуха). Для обеспечения необходимых условий использовалась достаточно громоздкая система кондиционирования и вентиляции воздуха. Проблема усугублялась тем, что вычислительное и технологическое оборудование приходилось размещать в помещениях, не приспособленных для этих целей. Специализированных зданий в то время еще не было.

Большое влияние на стабильность работы машин оказывало также состояние системы внешнего электропитания. Частые скачки напряжения, аварийные отключения, колебания частоты генерации создавали большие проблемы. Не дал должного эффекта и ряд принятых защитных мер (дублирование вводного фидера электропитания, использование частотных преобразователей и мотор-генераторов).

Другая важная техническая проблема была связана с внутренней надежностью отдельных машин. Имеется в виду целый ряд факторов, таких как: совокупная надежность электроники, отказы в контактных соединениях, погрешности проектирования, интенсивность режимной загрузки и др. Как показала практика, режим работы машины существенно зависит от программного диспетчера или операционной системы, а также от реального потока решаемых задач. Чем шире класс решаемых задач и чем выше степень мультиобработки, тем выше вероятность появления сбоев в работе машины вследствие усложнения внутренних программно-аппаратных процессов.

Таким образом, инженерно-техническому персоналу приходилось решать достаточно сложные технические проблемы, а часто и задачи комплексного характера, что требовало участия системных программистов. На основе полученного в процессе эксплуатации машин различного типа и поколений опыта можно сделать несколько выводов.

1. Ламповые машины первого поколения имели низкую надежность, что обусловлено большим количеством используемых электронных ламп и громоздкостью самих машин. Однако именно это обстоятельство позволило инженерному коллективу накопить опыт, пригодившийся в дальнейшем для решения еще более сложных задач. Учиться и повышать квалификацию приходилось в процессе выполнения текущей работы и по мере появления новой техники.

2. Полупроводниковые машины второго поколения (М-220, Минск-22, БЭСМ-6) обладали более высокой надежностью и более высокой производительностью (скорость вычислений БЭСМ-6 достигала 1 млн. операций в секунду). Тем не менее, как показала практика, такой вывод нельзя сделать в отношении следующего, третьего поколения машин, в частности машин так называемой единой системы (ЭВМ ЕС). Кроме того, необходимо отметить, что перечисленные машины второго поколения – это чисто отечественные разработки, а машины ЕС – копии зарубежного так называемого совместимого ряда машин фирмы ИБМ.

3. Из всего парка машин по надежности и сроку жизни необходимо выделить БЭСМ-6. Комплекс из трех таких машин находился в эксплуатации в течение более 20 лет и по техническим и производственным показателям значительно превосходил другие машины и комплексы. Прежде всего, следует обратить внимание на рациональность внутренней структуры этих машин, в которой функциональная сложность и объем оборудования сочетаются с надежностью базовых элементов и конструктивов. Имеется в виду применение токовых ключей на полупроводниковых триодах, раздельное исполнение логических (пассивных) и силовых (активных) схемных элементов, а также применение оригинального (двустороннего) способа монтажа стоек. Эти машины отличались компактностью и уникальной системой индикации всех активных элементов.

4. При освоении машин третьего поколения (в основном ЭВМ ЕС) возник ряд сложных проблем. Одной из таких проблем является другая идеология проектирования машин, нацеленная на создание единого ряда машин различного класса с совместимой системой команд. Это означало, что программа, написанная на некотором универсальном машинном языке, могла быть выполнена на любой машине этого единого ряда. Такой универсализм породил множество технических проблем при проектировании и эксплуатации машин. Машины низшего класса оказались перегружены и в отношении оборудования и за счет того, что ряд сложных команд выполнялся программными средствами. Машины более высокого класса с достаточно развитой и унифицированной системой команд, полностью реализованной аппаратными средствами, отличались громоздкостью, несмотря на применение в качестве элементной базы малогабаритных интегральных схем. Обращает на себя внимание и заложенная при проектировании внутренняя организация этих машин со сравнительно небольшой оперативной памятью (8–32 Мбайт) и значительной по объему, но довольно медленной внешней памятью на магнитных дисках с подвижными головками доступа к информации (для сравнения – в ЭВМ БЭСМ-6 использовались меньшие по объему, но более быстрые магнитные барабаны с фиксированными головками, и только на следующем уровне – магнитные диски). В результате в машинах типа ЕС значительная нагрузка (частота обращения) приходилась именно на магнитные диски с подвижными головками, особенно в условиях полной загрузки машины в мультипрограммном режиме при обработке непрерывного потока задач. Сыграл свою роль и тот факт, что скопированная зарубежная разработка была реализована на базе отечественной технологии. Общая машинная идеология и ее «закрытость» оказали влияние на негативное восприятие этого класса машин обслуживающим персоналом, да и сложившимся к тому времени кругом пользователей.

5. В то же время необходимо обратить внимание на сравнительно большое число ЕС различного типа и класса, которые были установлены и прошли полный цикл эксплуатации. Первые две модели (ЕС-1052, ЕС-1060) оказались настолько ненадежными, что послужили скорее тренировочным полигоном и для технического персонала, и для программистов и математиков. Все попытки наладить на базе этих машин какой-либо приемлемый процесс решения потока задач заканчивались неудачами. Поэтому вскоре они были заменены на две ЭВМ ЕС-1061 и далее на две ЕС-1066, которые оказались более технологичными, что позволило организовать более упорядоченный процесс решения задач в пакетном режиме. Однако как только загрузка машин достигала некоторого предела, появлялись новые проблемы, связанные в большей степени с внедрением диалоговых систем доступа множества пользователей к ЭВМ. В этом случае машина переводилась в так называемый режим разделения времени (режим глубокой мультиобработки), когда в обработке находилось одновременно множество задач и, следовательно, резко возрастала нагрузка на дисковую память – самое слабое звено этих машин. И еще одна проблема: внутренняя технология обработки задач в большинстве случаев требовала наличия индивидуальных дисковых накопителей, и это быстро привело к резкому росту общего их числа. В результате возникли новые проблемы, связанные с увеличением числа дисководов, совместимостью дисковых пакетов, ростом сбоев и зависаний и в целом с организацией всего вычислительного процесса.

Особо отметим ЭВМ ЕС-1055. По производительности ее можно отнести к среднему классу. По надежности работы оборудования она превосходила все другие машины этой серии и использовалась в основном для реализации баз данных и информационных систем.

6. Только в конце 80-х годов появился уникальный многопроцессорный вычислительный комплекс МВК «Эльбрус» как итог затянувшегося развития или, скорее, трансформации отечественных машин линии БЭСМ, но уже с учетом зарубежных достижений вычислительной техники. Появились отдельные новые элементы следующего поколения машин: большие интегральные схемы, полупроводниковая оперативная память, многопроцессорность, жидкостная система охлаждения. В то же время остались традиционные внешние устройства: магнитные диски, магнитные ленты, перфокарты, перфоленты. МВК «Эльбрус» (первая модификация данной серии машин) просуществовал в Вычислительном центре сравнительно недолго и использовался в несколько

изолированном и ограниченном режиме.

7. На общий процесс развития вычислительных технологий повлияло и появление в конце 70-х гг. первых мини-ЭВМ. Сначала появились зарубежные мини-ЭВМ, в Вычислительном центре появилась HP-2000, в Институте автоматики и электрометрии – мини-ЭВМ НОРД, что позволило оценить возможности этого класса машин и их роль в общем вычислительном деле. Далее, сразу во многих институтах появился целый ряд разнообразных серий отечественных мини-машин: М-6000, СМ-2 (рис. 12), позже СМ-4, Электроника-25 (рис. 13). Машины этого класса использовались в основном в двух направлениях: 1) в качестве основы для создания локальных (лабораторных) комплексов; 2) в качестве основы для разработки специализированных устройств или систем комплексирования более мощных ЭВМ, а также для организации периферийных центров концентрации терминалов и предварительной обработки информации.

8. На общую эффективность восприятия результатов счетных задач оказало влияние появление графопостроителей. Был создан автономный комплекс из нескольких графопостроителей различного типа, отработана соответствующая технология отрисовки графиков. Эти возможности широко использовались.

9. Если говорить о применении ЭВМ и других средств вычислительной техники в отдельных научных институтах, то этот процесс начал развиваться с появлением первых полупроводниковых машин, в частности машин серии Минск (Минск-22, Минск-32), далее машин ЕС (в основном машин среднего класса), а более масштабно с появлением мини-ЭВМ. Приобретались и специализированные средства обработки данных, которые, наряду с универсальными ЭВМ, встраивались в конкретные исследовательские установки и проекты. При этом необходимо обратить внимание на то, что там они работали в более щадящем режиме: либо в составе экспериментальной установки, либо при решении сравнительно узкого класса задач. Например, в Гидрометцентре решалась главная задача прогноза погоды, в Институте катализа – задачи моделирования каталитических процессов. В самом крупном Институте ядерной физики основной упор был сделан на использование мини-ЭВМ (М-6000, ОДРА, СМ-4) и только в середине 80-х годов была установлена более мощная ЭВМ ЕС-1061. В целом ряде профильных институтов использовались ЭВМ ЕС среднего класса. В таких условиях те же (не очень надежные) машины ЕС работали более удовлетворительно, но их владельцы часто критиковали за неполную загрузку дорогой вычислительной техники.

10. В плане широкого применения ЭВМ в научных институтах Академгородка уместно сказать и об общей программе автоматизации научных исследований на основе международного приборостроительного стандарта КАМАК. Программа была инициирована и реализована Институтом автоматики и электрометрии, СКБ Научного приборостроения с ориентацией на производство технических изделий на Опытном заводе СО РАН. В рамках этой программы были разработаны базовые конструктивы и системные адаптеры, а также широкий набор рабочих модулей, ориентированных на встраивание их в экспериментальные установки различного профиля и далее на обеспечение связи с ЭВМ. Практически каждый научный институт имел возможность заказать и получить необходимый набор таких модулей, например: модулей для оцифровки аналоговых сигналов, модулей обратного преобразования цифровых кодов в аналоговый сигнал, модулей памяти, модулей связи с внешними устройствами, модулей дистанционной передачи данных и других специализированных модулей. Таким образом, с помощью этих средств обеспечивалась оперативная многоканальная связь экспериментальных установок со средствами сбора и обработки экспериментальных данных. Во многих научных институтах на основе системы КАМАК строились достаточно сложные автоматизированные комплексы с использованием мини-ЭВМ или ЕС ЭВМ. В ряде случаев конструктивы КАМАК использовались для разработки и создания уникальных (оригинальных) средств вычислительной техники и систем связи с применением встроенных миниЭВМ.

5. Технология вычислительного процесса в ВЦ.

Необходимость регулирования процедуры доступа математиков к ЭВМ возникла практически при появлении первых машин. По мере увеличения парка рабочих ЭВМ и их производительности спрос на доступ к машинам только увеличивался и всегда превышал реальные возможности. В этих условиях организационные вопросы приобретали все большее значение. В итоге была выработана достаточно сложная технология организации вычислительного процесса в условиях многомашинного комплекса коллективного пользования [2].

Процесс решения задач на ЭВМ в общем случае представляет собой последовательность операций: формулирование задачи или определение алгоритма ее решения, написание программы, отладка задачи на ЭВМ (как правило, за несколько попыток), решение задачи на ЭВМ (возможно многократное использование одной программы при различных данных). Сами задачи можно классифицировать по различным признакам: по времени счета, по объему требуемой оперативной или внешней памяти и т. д., что и послужило основой для регулирования и оптимизации порядка пропуска задач на ЭВМ с целью наиболее полной загрузки. Точнее, при формировании пакета задач и очередности их пропуска на машинах использовался достаточно широкий набор характеристик:

- заказанное время счета;
- тип задачи (отладка, счет, трансляция, доступ к банкам данных и др.);
- требуемый объем оперативной памяти;
- требуемые программные инструменты (трансляторы, стандартные программы обработки, банки данных, интерпретаторы);
- заказываемые внешние накопители (магнитные диски, ленты) и внешние устройства (печать, перфолента, графопостроители);
- заказываемый тип ЭВМ или конкретный адрес машины.

На основании этих данных в условиях многомашинного вычислительного комплекса коллективного пользования формировался обобщенный поток решаемых задач. На практике это осуществлялось соответствующими специализированными службами на основе выработанных критериев и технологических инструментов. В условиях постоянного дефицита машинного времени обеспечивалась полная (сто процентная) загрузка машин, что является плюсом с точки зрения их использования, но минусом с позиций пользователей, ожидающих доступа к машине. Известно, что для любой системы массового обслуживания (системы с очередями) существует некоторый оптимальный уровень загрузки (в пределах 75–85 %) исполнительных приборов (машин), т.е. всегда необходимо иметь резерв (в данном случае – машинного времени). Следует сразу признать, что достигнуть такого оптимума в реальной обстановке не удавалось. Как только такой резерв появлялся (например после установки новой ЭВМ), математики тут же увеличивали свои расчетные матрицы, либо увеличивалось число задач. В таких условиях оптимизацию приходилось проводить в большей степени за счет организационных и технологических мероприятий. Среди них можно выделить такие, которые были реально осуществлены и принесли немалый эффект:

- введение единого порядка приема задач и выдачи результатов, реализованного путем организации операционного зала, куда были вынесены все внешние устройства ввода-вывода и где были установлены стеллажи приема задач в виде пачек перфокарт и стеллажи для выдачи результатов в виде распечаток на АЦПУ или графических рисунков;
- постоянное информирование пользователей о состоянии отдельных машин и прохождении их задач с помощью вынесенных световых табло;
- разделение общей очереди задач на дневной пакет (в основном короткие и отладочные задачи) и ночной пакет (в основном отлаженные счетные задачи);
- разделение задач по приоритетным признакам (срочные, дежурные, фоновые);
- специализация машин по признаку их функциональной ориентации (счет, банки данных);
- проведение плановых профилактик технического оборудования по возможности в нерабочее для пользователей время (выходные дни).

Были испытаны и другие подходы и средства, нацеленные на повышение общей эффективности использования существующего парка машин, которые в основном имели экспериментальный характер.

В процессе отработки данной технологии вырабатывались также различные критерии или показатели качества работы машин и обслуживания пользователей, в частности:

- коэффициент технического использования (КТИ) как отношение времени готовности машины к работе к продолжительности ее пребывания во включенном состоянии (например, КТИ ЭВМ БЭСМ-6 составлял 80–90 %, КТИ ЭВМ ЕС – 60–70 %);
- время наработки на отказ как отношение времени счета к числу отказов (сбоев) в течение суток (например, для ЭВМ БЭСМ-6 этот показатель достигал более 15 ч, для ЭВМ ЕС – не более 8 ч).

Выработанная в течение длительного периода эксплуатации достаточно обширного и разнотипного парка ЭВМ технология организации вычислительного процесса в итоге приобрела законченный вид и сыграла большую роль в становлении вычислительного дела в Новосибирском научном центре, о чем могут свидетельствовать некоторые значимые в этом плане усредненные показатели:

- число обслуживаемых организаций – 80;
- общее количество пользователей (абонентов) – 1200;
- среднее число решаемых задач в сутки – 1400;
- количество выдаваемых графиков в сутки – 300;
- стоимость часа машинного времени (на ЭВМ БЭСМ-6 – 116 руб.);
- потребляемая мощность установленного оборудования (ЭВМ, холодильные установки, вентиляция) – 800 кВт.

Следует отметить, что описанная выше технология касается так называемого режима пакетной обработки задач на ЭВМ, когда пользователь не имеет прямого доступа к машине (общение происходит только через оператора). Лишь в 80-х годах появились первые (в большей степени экспериментальные) системы прямого дистанционного доступа к отдельным машинам, оснащенным необходимыми средствами. Однако такие системы не получили широкого применения и вместе с описанным здесь классом машин ушли в прошлое.

Заключение

История вычислительной техники сравнительно коротка. Развитие техники и технологии идет феноменально нарастающими темпами, особенно в последние десятилетия. Описанные в данной работе три первых десятилетия истории ЭВМ – это чуть больше половины общей истории, а различие с современным уровнем развития вычислительной техники настолько велико, что трудно даже дать сравнительное описание. Полностью сменились базовые технические средства, изменились вычислительные технологии и средства связи и общения с суперЭВМ и компьютерами. Современный пользователь-математик имеет на своем рабочем месте персональный компьютер, превышающий по своим возможностям на несколько порядков все описанные в данной работе ЭВМ, но, как и раньше, ему чего-то не хватает, и опять требуется «апгрейд». Как правило, персональный компьютер подключен к локальной или глобальной сети и имеет выход на суперЭВМ, базы данных, поисковые системы и другие многочисленные информационные системы.

В данной работе рассмотрены только технические и технологические вопросы, связанные с эксплуатацией оборудования и обслуживанием пользователей ЭВМ. В то же время в Вычислительном центре и ряде других институтов велись разработки, направленные на повышение эффективности использования оборудования и на развитие сервисных средств обслуживания пользователей, но это уже другая история.

Список литературы

1. Москалев О. В., Чистяков А. И. Вычислительная техника и вычислительный центр // За науку в Сибири. 1970. № 23.
2. Метляев Ю. В. ЭВМ для всех // Наука в Сибири. 1986. № 3.
3. Сборник. Институт вычислительной математики и математической геофизики (ВЦ) СО РАН, страницы истории, Новосибирск, Академическое изд-во «Гео», 2008.

История развития вычислительной техники в Армянской ССР

Оганджян С.Б.

Редакция «Техника» Большой Российской энциклопедии
sbenog@yandex.ru

On the History of Computers in Armenia

Ogandjanyan S.

Editorial Board of the Great Russian Encyclopedia

В начале пятидесятых годов в СССР бурными темпами стала развиваться электроника и вычислительная техника (ВТ). Начиная осознавать перспективы развития ВТ руководство СССР в долгосрочной программе предусмотрело создание базовых регионов, в которых планировалось создание крупных производственных и научных объектов в этой области исходя из научного потенциала кадров, менталитета и др. Армения явилась одним из немногочисленных регионов СССР, который был наиболее подходящим для реализации этой программы. Научные исследования и научно-технические разработки в области информатики и ВТ в Армении начались в 1950-е годы, и именно в силу этого по инициативе академиков В.А. Амбарцумяна, А.Л. Шагиняна и А.Г. Иосифьяна СМ Арм. ССР выступил с предложением в СМ СССР о создании в составе Министерства приборостроения и средств автоматизации СССР Ереванского научно-исследовательского института математических машин (ЕрНИИММ), который был открыт в июне 1956 года. Через год, в 1957, по инициативе АН Арм. ССР и при поддержке СМ Арм. ССР – вычислительный центр АН и Госуниверситета (ныне Институт информатики и проблем автоматизации НАН РА).

Ведущую роль в создании института сыграл молодой ученый, академик С. Мергелян – первый руководитель ЕрНИИММ. До сих пор в Армении, в народе, «Институт Мергеляна» служит синонимом ЕрНИИММ.

Сергей Никитович Мергелян (19.5. 1928, Симферополь–20.8. 2008, Лос-Анджелес), математик, член-корреспондент АН СССР (1953), академик АН Арм. ССР (1956). Самый молодой доктор наук в истории СССР (степень присуждена при защите кандидатской диссертации в возрасте 20 лет в Математическом институте им. В.А. Стеклова АН СССР), самый молодой член-корреспондент АН СССР (присвоено в возрасте 24 лет). Лауреат Государственной премии СССР (1952), кавалер ордена Святого Месропа Маштоца (2008) – высший орден Республики Армения.

Начальной задачей поставленной перед ЕрНИИММ было создание средств электронной ВТ. Исходя из профиля института, там были созданы все структуры для разработки и внедрения ВТ, начиная с технического задания и кончая внедрением в производство и эксплуатацией: конструкторские отделы, отделения систем автоматического проектирования, отделения математического обеспечения и тестирования, подразделения системного анализа и проектирования, электронного проектирования, лаборатория типовых испытаний узлов и устройств ВТ и подразделения разработки документации. С целью отработки устройств и ЭВМ был создан опытный завод при ЕрНИИММ, который обеспечивал изготовление опытных образцов, отработку документации и технологических решений до передачи изделия в серийное производство (т.е. создание замкнутого цикла – «разработка – внедрение», школа Иосифьяна). Подобная организация цикла позволила добиться высокой эффективности при взаимодействии со многими НИИ и заводами в рамках установленной кооперации. С этой же целью на базе ЕрНИИММ в начале 1960-х годов в Ереване был создан завод «Электрон», который выполнял промышленную сборку ЭВМ разработанных в институте, а также в других НИИ Советского Союза.

В начале 1960-ых годов сформировались основные направления работ института: это, по классификации того времени, были малые и средние ЭВМ и в конце 60-ых годов – специальные вычислительные комплексы и автоматизированные системы управления специального назначения. Совместно с основными направлениями, для обеспечения их продвижения, развивались подразделения электронной и конструкторской разработки, программного и тестового обеспечения, автоматизации разработки, электропитания и систем памяти, технологического обеспечения и др.

В 1956–58 в ЕрНИИММ по документации московского Всесоюзного НИИ электромеханики (ныне ФГУП «НПП ВНИИЭМ с заводом имени А.Г. Иосифьяна») была осуществлена модернизация ЭВМ М-3 – внедрение новой оперативной памяти (ОП) на ферритовых кольцах, что позволило увеличить её быстродействие с 30 оп/с до 3000 оп/с. Усовершенствованный образец М-3 после наладки (Б. Мелик-Шахназаров, В. Русаневич и др.) в 1958 г. был передан в Институт энергетики им. Кржижановского АН СССР для решения задач в области энергетики. Эта работа явилась первым шагом ЕрНИИММ в области ВТ.

Одной из первых разработок, выполненных ЕрНИИММ, были ЭВМ первого поколения – на электронных лампах – «Арагац» (1958–1960 гг., гл. конструктор – Б. Хайкин), «Раздан-1» (гл. конструктор. Е. Брусиловский) и «Ереван» (гл. конструктор М. Айвазян).

В 1958–61 гг. в институте спроектировали универсальную ЭВМ «Раздан-2» (гл. конструктор. Е. Брусиловский) – первую в СССР ЭВМ полностью собранную на полупроводниковых приборах. Для стандартизации элементов проектируемых машин в институте создали комплекс элементов «Магний» (гл. конструктор В. Карапетян) и конструкторско-технологическую базу для ЭВМ новых поколений, что позволило создать универсальную ЭВМ «Раздан-3» (1965, гл. конструктор В. Русаневич), с быстродействием 15–20 тыс. оп/с и объёмом ОП 32 Кбайт – одна из первых машин, экспортируемых из СССР. Производство этой машины организовали на заводе «Электрон».

В 1957 г. начались и к 1960 г. успешно закончились работы по проектированию специализированных машин, имеющих оборонное значение, таких, как СЭВМ «Волна» (гл. конструктор Г. Белкин) и СЭВМ «Корунд» (гл. конструктор О. Цюпа). Тогда же были созданы ЭВМ «Каназ», управляющая технологическим процессом Канакерского алюминиевого завода (гл. конструктор А. Сагоян), и ЭВМ «Перепись», обрабатывающая результаты переписи населения СССР (гл. конструктор В. Русаневич).

В 1963–77 гг. директором института был назначен Ф. Саркисян, с именем которого, безусловно, связаны расцвет и становление ЕрНИИММ, его традиций, создание мощного сплава опытных наставников и молодых ученых. По его инициативе ставились и решались крупные научно-технические, производственные и организационные задачи. В институте появились новые направления, началось создание малых универсальных машин семейства «Наири». ЕрНИИММ принял участие в государственной программе создания Единой системы универсальных ЭВМ (ЕС ЭВМ) и автоматизированной системы управления (АСУ) особого назначения, необходимой для нужд Министерства обороны СССР. Был взят курс на повышение качества проектирования и увеличение мощности.

Фадей Тачатович Саркисян (18.9. 1923, Ереван – 10.1. 2010, Ереван) советский и армянский учёный, государственный деятель, генерал-майор, академик АН Армянской ССР (1977). В 1940–1942 учился в Ереванском политехническом институте; в 1942–1946 окончил Ленинградскую Военную электротехническую академию связи имени С. М. Буденного; в 1946–1963 являлся сотрудником Научно-технического комитета Главного ракетно-артиллерийского управления Министерства обороны СССР. В 1952 году участвовал в качестве советника в боевых действиях по ПВО КНР, награжден двумя медалями КНР. В 1963–77 – директор ЕрНИИММ, главный конструктор специальных больших автоматизированных систем управления. Председатель Совета Министров Армянской ССР (1977–89); президент Национальной академии наук Армении (1993–2006), иностранный член РАН (2003). Лауреат Государственных премий СССР (1971, 1981) и Украинской ССР (1986). Награжден орденами Трудового Красного Знамени (1965, 1976, 1986), Октябрьской революции (1971), Ленина (1981).

В 1962 г. в ЕрНИИММ начали разработку первых малых машин семейства «Наири», особенностью которых являлась организация управления и автоматизированного программирования по микропрограммным принципам, что дало возможность существенно упростить обслуживание машины, уменьшить габариты, увеличить надежность и сделать ее доступной для специалиста любой области науки и техники. Были созданы: Наири 1, 2, 3, 3-1 (1963–1971 гг., гл. конструктор – Г. Овсепян; Госпремия СССР, 1971 г.); в 1972–76 гг. ЭВМ Наири 3-2, Наири 3-3 (гл. конструктор – А. Геолецян; Госпремия Украинской ССР в составе авторского коллектива), которые были первыми в СССР проблемно-ориентированными ЭВМ коллективного пользования; ЭВМ Наири 4 АРМ/Наири 4 и Наири 4-1 (1974–1981 гг., гл. конструктор – Г. Оганян), предназначенные для автоматического управления типового производства, обеспечивали обработку графической и текстовой информации и совместимость с такими широко распространенными семействами ЭВМ, как СМ ЭВМ (СССР) и PDP (США); в 1980–1981 гг. ЭВМ Наири 4В и Наири 4В/С (гл. конструкторы – В. Карапетян, А. Сагоян; Госпремия СССР в составе авторского коллектива, 1987 г.) предназначенные для использования в системах автоматического управления и вспомогательные ЭВМ в составе сложных систем для обороны, так и в народном хозяйстве; имели полную совместимость с семействами СМ ЭВМ и PDP. Разработчики семейства ЭВМ «Наири» получили 44 авторских свидетельства. Машины выставлялись на выставках СССР и в 19 зарубежных странах.

Впервые в стране в ЕрНИИММ был спроектирован и создан вычислительный комплекс «Маршрут-1», предназначенный для автоматизации билетно-кассовых операций Московского железнодорожного узла (гл. конструктор – А. Кучукян; Госпремия Арм. ССР, 1974 г.). Комплекс состоял из трех машин «Маршрут-1», способных работать как в сопряженном, так и в одиночном режимах, с оперативной памятью на магнитных дисках, долговременным запоминающим устройством емкостью 216 Кбайт. Впервые в стране был спроектирован и создан вычислительный комплекс, учитывающий требования, предъявляемые к системам бронирования мест на железнодорожном транспорте. Для комплекса, включая все устройства и узлы, был разработан пакет диагностических программ. Это дало возможность выявлять и исправлять многие характерные ошибки, что существенно облегчало обслуживание вычислительного комплекса в режиме реального времени. Вычислительный комплекс «Маршрут-1» дал возможность работать с 126 линиями связи. В 1971 г. комплекс пущен в эксплуатацию на Московском железнодорожном узле. Комплекс «Маршрут-1б» два раза (в 1973 и 1976 гг.) выставлялся на ВДНХ СССР, защищен несколькими авторскими свидетельствами. Вторая очередь системы бронирования билетов была построена с помощью вычислительных комплексов на основе ЕС ЭВМ, разработанных в институте. Систему установили на больших железнодорожных узлах СССР, создав единую сеть.

В 1977–1989 гг. велись работы по созданию ЭВМ «Ковер» (гл. конструктор В. Карапетян), которая предназначалась для использования АСУ особого назначения в ВЦ Министерства обороны СССР. Эта машина выполняла до двух миллионов коротких операций в секунду и имела ОП 10–30 Мб на магнитных дисках. Производство машин «Ковер» осуществлялось на опытном заводе ЕрНИИММ, на заводе «Электрон» и на ПО «Раздан» до 1990 г.

В конце 1960-х годов по инициативе Ф. Саркисяна институт принял активное участие в Международной программе создания Единой системы ЭВМ (ЕС-ЭВМ), которые были совместимы с семействами ЭВМ IBM-360, 370 и 4300. ЭВМ серии ЕС должны были стандартизировать структуру систем, способы подключения устройств, ПО, средства телеобработки для всех машин и устройств, разрабатываемых в рамках этой программы, и были выпущены большой партией на заводе «Электрон» в Ереване и на Казанском заводе ЭВМ РФ. В 1972 г. в институте собрали одну из первых моделей ЕС ЭВМ – ЕС-1030 (гл. конструкторы – М. Семерджян, А. Кучукян; Госпремия Арм. ССР, 1976 г.). Она предназначалась для решения широкого круга научно-технических и информационно-логических задач. Модель была построена на интегральных микросхемах, имела быстроедействие

70 тыс. оп/с, ОП 256–512 Кбайт и внешнюю память на магнитных дисках и лентах. В 1972 г. на Казанском заводе ЭВМ началось ее серийное производство. Машина экспортировалась в Чехословакию, Болгарию, Польшу, Монголию и Индию. ЭВМ ЕС-1030 демонстрировалась на международных ярмарках (Брно, Познань) и удостоилась там золотой медали и диплома.

В институте в 1974 г. начались работы по созданию нового ряда ЕС ЭВМ – «Ряд-2». Машины этого ряда благодаря использованию новых электронных элементов с более высокой степенью интеграции по сравнению с машинами «Ряд-1», имели лучшие технико-экономические характеристики. Одновременно разрабатывались и внедрялись в производство новые методы и технологии монтажа ЭВМ, изготовления многослойных плат, новые методы контроля и конструирования (гл. конструктор Э. Манучарян). В связи с разработкой этих машин в институте появилось новое научно-техническое направление автоматического проектирования устройств, узлов и элементов ЭВМ с помощью самих ЭВМ (начальники отделов А. Петросян, С. Саргсян, Ю. Шукурян, С. Амбарян).

Благодаря созданию и применению ряда программных и аппаратных средств, в первую очередь диагностических и самоконтролирующих, обслуживание машины ЕС-1045, ЕС-1046 по сравнению со старыми моделями ЕС ЭВМ существенно упрощалось (гл. конструктор – А. Кучукян; Госпремия СССР в составе авторского коллектива, 1983 г., Госпремии Арм. ССР 1983 и 1988 гг.). А. Кучукяну за разработку и организацию серийного производства и внедрение в народное хозяйство и оборону страны ЕС ЭВМ была присвоена Ленинская премия (1983) в составе коллектива. ЕС-1045 имела микропрограммное управление, при решении научно-технических задач показывала производительность 880 тыс.оп/с, ОП 4 Мбайт. ЕС 1045 дала возможность создания двухпроцессорной системы с общим полем основной и внешней памяти. Была разработана также ЭВМ четвертого поколения ЕС-1170 (гл. конструктор – А. Кучукян), которая была основана на широком применении больших интегральных схем.

В 1981 г. началась разработка машины средней производительности ЕС 1046 ряда «Ряд-3» (гл. конструктор А. Кучукян). Машина была предназначена для решения широкого круга научно-технических, экономических, информационных и особых задач. Производительность машины доходила до 1,3 млн. оп/с, объем ОП 4–8 Мб, внешняя память на магнитных дисках и лентах. В 1984 г. были проведены государственные и международные испытания и организовано серийное производство ЕС 1046 на Казанском заводе ЭВМ. В 1988г. машина экспонировалась на Международной выставке в Будапеште.

Наряду с разработкой ЭВМ ЕрНИИММ разрабатывал комплексы ЭВМ. Так, на основе ЕС-1030, был создан первый двухмашинный комплекс ЕС ВК-1010 (1975 г. гл. конструктор – В. Русаневич). На основе ЭВМ ЕС-1045 и ЕС-1046 были разработаны двухмашинные (ВК-2М-45, ВК-2М-46), двухпроцессорные (ВК-2П-45, ВК-2П-46) и трехмашинные (ВК-3М-45, МКВ-46) комплексы с высокой отказоустойчивостью (1975–1981 гг. гл. конструктор – А. Кучукян). С целью повышения производительности ЭВМ для специальных задач институт разработал и сдал в эксплуатацию первый в СССР матричный процессор ЕС 2345 (принят Государственной комиссией в 1980 г., гл. конструктор – А. Кучукян). При совместной работе с ЕС 1045 эквивалентная производительность матричного процессора составила 28 млн. оп/с.

При выполнении своих разработок институт тесно сотрудничал с Научно-Исследовательским Центром Электронной Вычислительной техники (НИЦЭВТ, г. Москва), Институтом Точной Механики и Вычислительной техники (ИТМиВТ, г. Москва), НИИ Автоматической Аппаратуры (г. Москва), НИИ Электронных вычислительных машин (г. Москва) и т. д. Изделия института изготавливались Казанским заводом ЭВМ, Винницким Радиотехническим заводом, Ереванским заводом «Электрон» и др.

Пройдя все этапы всемирной практики развития вычислительной техники, ЕрНИИММ стал одним из крупнейших в СССР центром разработки средств ВТ гражданского и оборонного значения и автоматизированных систем управления. Сотрудничество с ведущими НИИ СССР, а также с передовыми заводами-изготовителями позволили накопить огромный опыт разработки, внедрения и эксплуатации четырех поколений ЭВМ, комплексов и систем автоматического управления. Для республики институт выполнял роль координирующего центра, становление и развитие которого оказались основополагающими для развития этого и других направлений науки и техники – в системе Академии Наук, ВУЗ-ов и отраслевой науки и производства.

К 1992 году численность инженерно-технического персонала института достигла 3500 человек, а вместе с опытным заводом и заводом интегральных схем – более 7000 человек. Сотрудники института опубликовали 16 монографий, 52 научно-технических сборника и сделали 380 изобретений. После развала СССР от ЕрНИИММ отделился НИИ автоматизированных систем управления (ЕрНИИАСУ).

В начале 1970-х гг. в Армении появились: НИИ «Алгоритм» – разработка программного обеспечения для гражданского и оборонного значения, в т.ч. для специализированных ЭВМ; НИИ «АСУ Город» – разработка автоматизированной системы городского хозяйства; НИИ микроэлектроники; ПО «Базальт» – разработка запатентованных устройств для специализированных бортовых систем и др.

Особо хочу отметить огромный вклад Ереванского политехнического института (ЕрПи) в поддержании и продолжении традиций развития ВТ в Армении. Уже в 1955 году на кафедре «Электрические машины и автоматизация» была открыта специализация – математические счётно-решающие приборы и устройства (МСРПУ), которая в 1957 г. отделилась в самостоятельную кафедру «Автоматики и вычислительной техники» (АВТ). Первые выпускники этой специальности и частично выпускники механико-математического факультета Ереванского государственного университета (ЕрГУ), составили основной костяк коллектива ЕрНИИММ, ВЦ Академии Наук и ЕрГУ, завода «Электрон» и др.

В 1961 г. в ЕрПи на базе кафедры АВТ (зав. кафедрой д.т.н. профессор Арешян Г.Л. – проректор по научной работе) и кафедры «Электронная техника» (зав. кафедрой к.т.н. доцент Варданян В.Р.) электротехнического факультета создаётся факультет «Автоматика и вычислительная техника» (первый декан к.т.н. доц. Абрамян К.Г.), где по трем специальностям – математические счётно-решающие приборы и устройства (МСРПУ),

автоматика и телемеханика (АиТ), промышленная электроника (ПЭ), в шести группах обучалось 150 студентов. В особенности высока была потребность в специалистах МСРПУ. Для увеличения числа выпускников необходимо было увеличивать профессорско-преподавательский и учебно-вспомогательный состав кафедры. С этой целью на кафедру были приглашены из ЕрНИИММ разработчики и создатели первых ЭВМ – д.т.н. Григорян Л.А., д.т.н. Кучукян А.Т., д.т.н. Матевосян П.А., к.т.н. доцент Сагоян А.Н., к.т.н., доцент Мелик-Шахназаров Б.Б., Абрамян Л.С., Гуттов А.Н., а также выпускники кафедры – отличники Авакян А.К., Нерсисян Л.К., Ягджян В.Г., Шагинян С.И.

В 1965 году факультет АВТ был преобразован в факультет «Техническая кибернетика». С целью дальнейшего усовершенствования и повышения качества выпускников, благодаря активной деятельности декана факультета Абрамяна К.Г., на базе кафедры АВТ в 1967 г. были созданы две кафедры – «Автоматика и телемеханика» (АиТ) и «Вычислительная техника» (ВТ). Учитывая возрастающий спрос в специалистах, план приёма уже в 1967 – 68 уч. годах по кафедре ВТ составил 250 студентов. Кафедра пополнилась новыми выпускниками и совместно с опытными преподавателями был создан мощный коллектив единомышленников, работающих на одну цель – развитие ВТ как в Армении так и СССР.

В 1976 г. в связи с сильно возросшим контингентом, факультет «Техническая кибернетика» разделился на три факультета: «Вычислительная техника», «Техническая кибернетик» и «Радиотехника». Учитывая возросший объём учебной нагрузки и численность преподавательского состава (около 100 чел) часть кафедры ВТ отделили в общеинститутскую кафедру «Алгоритмические языки и программирование» (зав кафедрой – к.т.н., доцент Айвазян Ю.А.). В 1986 г. численность студентов обучающихся на кафедре ВТ (вместе с вечерними группами) возросла до 2000. В этот же год на кафедре была введена новая специализация «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» (зав. кафедрой – к.т.н., доцент Ягджян В.Г.)

В 1967, учитывая значительный научный потенциал, на кафедру ВТ из Москвы поступил заказ от одного из крупных НИИ военно-промышленного комплекса страны, на выполнение хозяйственной темы: «Разработка и создание регистратора быстропеременных процессов». Были разработаны два типа регистраторов (хронографов). Оба были изготовлены на материально-технической базе кафедры силами только её сотрудников. Тема велась до 1971 года (научный руководитель зав. кафедрой ВТ к.т.н. доц. Абрамян К.Г.) и была выполнена на высоком уровне. С этого времени на кафедре ВТ параллельно с педагогической и методологической деятельностью силами сотрудников кафедры проводились научные исследования на уровне хозяйственных и госбюджетных работ как республиканского, так и общесоюзного масштаба. Так, в 1971 – 1976 сотрудники кафедры ВТ выполнили широкомасштабную хозяйственную работу «Разработка и внедрение регионального АСУ Аэрофлот» (научный руководитель Абрамян К.Г.), которая была внедрена во многих городах СССР.

В 1977 – 1981 выполнялась госбюджетная работа «Разработка и создание Универсальной Многоуровневой Системы Автоматизированного Поиска» – УМСАП и в дальнейшем создание «Системы Управления Базами Данных» – СУБД (ответственный исполнитель – Ягджян В.Г.). В 1982 – 1984 на базе апробированной СУБД была внедрена система «Разработка и создание АСУ Высшая школа» и уже в 1984 г. успешно были запущены подсистемы «Расписание» и «Приём и проведение вступительных экзаменов абитуриентов» (ответственный исполнитель Ягджян В.Г.)

В 1977– 1980 часть сотрудников кафедры занялась проблемами оптимизации технологических процессов, и выполнила хозяйственную работу «Разработка и внедрение системы оптимизации технологических процессов Зодского золоторудного комбината» (ответственный исполнитель – к.т.н. доц. Гаспарян Т.Г.); в 1980 – 1983 выполнялась хозяйственная работа «Разработка и внедрение системы оптимизации технологических процессов Каджаранского медно-молибденового комбината» (ответственный исполнитель Гаспарян Т.Г.), что позволило создать единый комплекс решения задач оптимизации технологических процессов, который был внедрён более чем в 10 добывающих регионах СССР. В 1985 г. от Госнаба СССР поступил заказ на создание «Автоматизированной системы рационального использования вторичных минеральных ресурсов». На базе разработанной на кафедре СУБД УМСАП-4 группой преподавателей кафедры к 1986 г. был создан АСсоциативный Многоуровневый Информационный Комплекс – АСМИК (ответственный исполнитель Гаспарян Т.Г.). По инициативе Госнаба СССР и Всесоюзного НИИ вторичных ресурсов (ВИВР) система с 1986 по 1989 год была внедрена в 18 регионах СССР. В 1989 г. силами группы разработчиков АСМИК был создан Экологический информационный центр при ЕрПИ (руководители Гаспарян Т.Г., Оганджян С.Б.), получивший бюджетное финансирование от правительства Армении; в этот же период по заказу Государственного Комитета по газификации Арм. ССР при поддержке Совета Министров Арм. ССР и Госплана Арм. ССР сотрудниками кафедры (10 чел) была проведена масштабная работа «Разработка концепции топливно-энергетического комплекса Арм. ССР» (руководители Гаспарян Т.Г., Оганджян С.Б.), которая получила высокую оценку и поддержку руководства СМ Арм. ССР. Однако наступивший развал Советского Союза, экономическая блокада и смена власти привели к приостановлению этой и других работ.

В заключение могу сказать, что традиции еще сохраняются. На месте крупных предприятий создано много мелких, которые с экономической точки зрения, более оперативно реагируют на конъюнктуру рынка, могут быстрее перестроиться, однако все это ориентировано в основном на обслуживание ведущих зарубежных фирм.

Плодотворное сотрудничество двух пионеров кибернетики (к 90-летию со дня рождения А.И.Китова и к 100-летию со дня рождения А.А.Ляпунова)

С.Б. Оганджян¹, С.П. Прохоров²

¹ Редакция Большой Российской энциклопедии
sbenog@yandex.ru

² Институт системного программирования РАН
sergei.prokhorov@gmail.com

The Fruitful Collaboration between Two Pioneers of Cybernetics (To the 90th Anniversary of A.I. Kitov and the 100th Anniversary of A.A. Lyapunov)

Ogandjanyan S.¹, Prokhorov S.²

¹ Editorial Board of the Great Russian Encyclopedia

² RAS Institute for System Programming

В настоящем докладе акцент сделан на тех периодах времени и областях науки, в которых наиболее ярко и эффективно проявилось взаимодействие двух признанных пионеров кибернетики Анатолия Ивановича Китова (1920–2005) и Алексея Андреевича Ляпунова (1911–1973).

А.И. Китов и А.А. Ляпунов познакомились в Артиллерийской военно-инженерной академии имени Ф.Э. Дзержинского во второй половине 1940-х годов, где капитан А.И. Китов был слушателем баллистического факультета, а А.А.Ляпунов работал преподавателем кафедры высшей математики и читал учебный курс «Теория множеств». Оба они перед этим прошли суровые испытания на фронтах Великой отечественной войны. В Артиллерийской академии А.И. Китов совмещал блестящую учёбу с научными исследованиями по баллистике. Сделал одно изобретение и опубликовал несколько серьёзных статей на эту тему. Принимал участие в создании первой ракеты С.П. Королёва «Р-1» (проводил расчёты траектории полёта). А.А. Ляпунов, наряду с профессорами Артиллерийской академии (и мехмата МГУ) Л.А. Люстерником, А. Слёзкиным, Л.А. Тумаркиным и А.С. Шапиро, был в числе наиболее любимых преподавателей А.И. Китова. В 1947 году А.И. Китов женился на Галине Владимировне Голубчанской (Китовой), которую вскоре познакомил с А.А. Ляпуновым и его обаятельной женой Анастасией Савельевной. Постоянное общение А.И. Китова и А.А. Ляпунова продолжилось и после окончания А.И. Китовым Артиллерийской академии. Особенно, после защиты им в 1952 году в легендарном НИИ-4 МО СССР диссертации на тему «Программирование задач внешней баллистики ракет дальнего действия»[1] – первой в СССР диссертации по программированию. Научным руководителем этой диссертации А.И. Китова был начальник кафедры внешней баллистики Академии имени Ф.Э. Дзержинского, профессор Я.М. Шапиро.

В 1950 годы их взаимодействие шло в основном по трём направлениям: борьба за кибернетику; становление отечественного программирования, работа в области военной информатики в ВЦ-1 МО СССР (в/ч 01168). Совместные публикации А.И. Китова и А.А. Ляпунова приходятся на середину 1950 годов (период их «борьбы» за кибернетику) и на конец 1950-х/начало 1960-х годов (период борьбы за проект А.И. Китова «Красная книга»).

Борьба за кибернетику

В 1951 году в секретной библиотеке оборонного СКБ-245 А.И. Китов прочитал книгу американского математика Норберта Винера «Cybernetics». В начале 1950-х годов в СССР официальное отношение к кибернетике было резко отрицательным. Это выражалось в публикации крайне негативных и, прямо скажем, издевательских статей в ряде центральных изданий. Не было не то, что положительных, а даже дискуссионных публикаций. Кибернетику безапелляционно называли лженаукой, служанкой империализма, продажной девкой капитализма и т.п. А.И. Китов не только прочитал книгу Винера «Cybernetics», но ещё и написал позитивную статью «Основные черты кибернетики». Эту статью А.И. Китов показал А.А. Ляпунову, который согласился быть её соавтором. Потом они вдвоём поговорили с одним из авторитетнейших, в связи с участием в атомном проекте, учёных – академиком С.Л. Соболевым, который согласился поставить свою подпись под этой статьёй. Вскоре, после смерти И.В. Сталина Китов и Ляпунов посетили серое мрачное здание на Старой площади, где представили статью «Основные черты кибернетики» в идеологическом отделе ЦК КПСС. Там решили, что начать надо с лекций о кибернетике перед советской общественностью. С середины 1953 г. А.И. Китов и А.А. Ляпунов начали регулярно выступать с лекциями о кибернетике в различных организациях Москвы, а Китов и Ленинграда. В этом же году А.И. Китов публикует большую пионерскую статью «Применение электронных вычислительных машин» [2]. Везде их выступления собирали переполненные аудитории и сыграли важнейшую роль в реабилитации кибернетики как науки в СССР. Наконец, в середине 1955 г. статья «Основные черты кибернетики» за подписями С.Л. Соболева, А.И. Китова и А.А. Ляпунова была напечатана в журнале «Вопросы философии»

(№4) [3] и стала поворотным моментом в отношении к кибернетике в СССР и странах социалистического лагеря. В 1956 году А.И. Китов выступает на трибуне 3-го Всесоюзного математического съезда с докладом «О кибернетике» [5], подготовленным в соавторстве с А.А. Ляпуновым, И.А. Полетаевым и С. В. Яблонским. Публикование статьи «Основные черты кибернетики» в главном идеологическом печатном органе ЦК КПСС журнале «Вопросы философии» с полным правом можно считать окончательной и бесповоротной победой Китова и Ляпунова в их борьбе за право существования кибернетики как науки в СССР.

В середине 1954 года А.И. Китов создаёт на основе возглавляемого им отдела ЭВМ первый в СССР ВЦ – Вычислительный центр №1 Министерства обороны СССР (ВЦ-1 МО СССР/ныне ЦНИИ-27 – в/ч 01168). Как вспоминает ветеран ВЦ-1 полковник В.П. Исаев на страницах книги [17] и в Виртуальном компьютерном музее (ВКМ) [19]: «Китов – организатор в 1950-60-х годах уникального научного коллектива, сплотивший вокруг себя, с одной стороны, известных учёных-единомышленников – «могучую кучку», таких как А.И. Берг, Н.П. Бусленко, Н.А. Криницкий, Л.А. Люстерник, А.А. Ляпунов, И.А. Полетаев, О.В. Сосюра и другие. С другой стороны, А.И. Китов воспитал достойное поколение своих учеников – «сынов», многие из которых, отпочковавшись от этого могучего корня, вылетев из «родного гнезда», смогли в дальнейшем достойно развивать самостоятельно новые ветви компьютерного дерева». А.А. Ляпунов работал в ВЦ-1 на должностях начальника лаборатории и научного сотрудника до середины 1960-го года, т.е. до тех пор, пока А.И. Китов был научным руководителем этого одного из крупнейших в мире компьютерных научно-производственных центров. Известный историк науки В.А. Герович пишет в [14]: «В ноябре 1959 года Китов выступил с докладом на Всесоюзном совещании по вычислительной математике и вычислительной технике в Москве. В своём выступлении, основанном на идеях, изложенных в его первом письме Хрущёву от 07.01.1959, Китов предложил создать единую государственную сеть информационно-вычислительных центров с централизованным управлением для решения задач учёта и статистики, планирования, снабжения, банковского обслуживания и управления транспортом. Сначала, по мысли автора, эти центры должны были выполнять расчёты для предприятий, не имеющих ЭВМ, и помогать внедрять автоматизацию управления, а в дальнейшем – образовать единую сеть, выполняющую экономические и другие расчёты для всех советских предприятий. Берг и Ляпунов стали соавторами доклада, придав своими именами авторитет предложениям Китова». Данный доклад явился первым в Советском Союзе на тему создания на основе ЭВМ автоматизированных систем управления (АСУ). Он позже был оформлен в виде статьи [11]. В первой половине 1960 года А.И. Китов подвергся несправедливым гонениям в связи с представлением им в ЦК КПСС своего революционного проекта коренной перестройки управления советской экономикой на основе широкомасштабного применения ЭВМ и экономико-математических методов – второе письмо А.И. Китова Н.С. Хрущёву. Обратимся к воспоминаниям д.т.н., проф. Миронова Г.А. (статья «А.И. Китов – создатель вычислительного центра №1» в [17, 20]): «Еще при Хрущеве Н.С. видные ученые СССР «пробивали» дорогу автоматизированным системам как для технологического, так и для организационного управления. Безусловным пионером в этом деле был А.И. Китов. Так, осенью 1959 года Анатолий Иванович по своей инициативе самостоятельно разработал проект двойного использования ЭВМ страны (которые в данном проекте он предлагал объединить в общенациональную сеть вычислительных центров) для нужд МО СССР и народного хозяйства. Полное название разработанного А.И. Китовым проекта «Пути автоматизации управления в Вооружённых силах и народном хозяйстве СССР». Среди специалистов этот проект известен как проект «Красная книга». А.И. Китов послал свой проект «Красная книга» в ЦК КПСС на имя первого лица в государстве Н.С. Хрущёва. Этот двухстраничный проект был под грифом «Совершенно секретно». ЦК КПСС «спустило» на рассмотрение этот проект в МО СССР. Именно это Министерство в преамбуле проекта подвергалось резкой критике за медлительность и другие недостатки при внедрении в свою работу ЭВМ. В результате проект, несмотря на горячую поддержку со стороны Н.А. Криницкого, Н.П. Бусленко, И.А. Полетаева, А.А. Ляпунова, Л.А. Люстерника и других, был отвергнут Комиссией МО СССР». Как отмечает В.А. Герович в [14]: «Травля и увольнение Китова не поколебали его решимости продолжить борьбу за автоматизацию управления и, возможно, лишь укрепили его веру в необходимость реформ. Берг и Ляпунов продолжали оказывать ему поддержку даже после того, как он был подвергнут официальному осуждению Комиссией Министерства обороны». В этом, ещё раз, проявились научная принципиальность и высокие человеческие качества замечательных учёных Берга и Ляпунова. Следующий период совместных научных публикаций А.И. Китова и А.А. Ляпунова относится к началу 1960 годов. Как указывается в [14], тогда Берг и Ляпунов авторитетом своих имен поддержали появление в печати идей А.И. Китова по созданию Общегосударственной автоматизированной системы управления народным хозяйством на основе ЕГСВЦ (Единой государственной сети вычислительных центров, изложенных им в его двух письмах в ЦК КПСС (на имя Хрущёва) в 1959 году. В сентябре 1960 года Китов сумел опубликовать совместную с ними статью в главном партийном журнале страны «Коммунист» [6], где доказывал преимущества создания единой системы управления, опирающейся на общегосударственную территориальную сеть информационно-вычислительных центров. Необходимо выделить публикации А.И. Китова 1960-61 годов «Кибернетика и управление народным хозяйством» [8], «Вычислительная техника – помощник в каждом деле» [7], «Кибернетика в управлении хозяйством» [9], а, также, написанную с А.А. Ляпуновым статью «Кибернетика в технике и экономике» [12]. В 1961 году А.И. Китов в соавторстве с А.И. Бергом и А.А. Ляпуновым в журнале «Военная мысль» публикует ещё одну принципиальную статью обобщающего плана «Кибернетика в военном деле» [10]. В дальнейшем в 1960–1970 гг. А.И. Китов написал ещё 5 монографий и ряд основополагающих статей по проблемам теории и практической реализации автоматизированных систем управления. Нам неизвестны какие-либо ещё научные работы Берга и Ляпунова по ав-

томатизации, написанные ими без участия А.И. Китова. Будем весьма благодарны коллегам, если они дополняют список научных работ Берга и Ляпунова по вопросам АСУ.

После травли А.И. Китова практически все упомянутые выше учёные в течение ближайших лет прекратили своё сотрудничество с ВЦ-1 МО СССР. Ушёл и А.А. Ляпунов, вскоре переехавший работать в Новосибирский академгородок. Но, регулярное научное сотрудничество и человеческое общение этих двух замечательных учёных не прекратилось. А.И. Китов и А.А. Ляпунов и в дальнейшем не останавливают свои усилия по разъяснению и пропаганде кибернетических идей. В частности, в 1962 году они публикуют совместную статью философского плана [13]. В Политехническом музее в Фонде А.И. Китова хранится поздравительная телеграмма, которую Ляпунов послал Китову из Новосибирска 9 августа 1970 года. В этой телеграмме, отдавая дань всему, что А.И. Китов сделал для отечественной и мировой кибернетики и информатики А.А. Ляпунов пишет: «*Дорогой Анатолий Иванович сердечно поздравляем Вас первого рыцаря кибернетики славным 50-летием Желанием Вам многих лет неувядающей молодости увлекательной работы = Ляпуновы*». А.И. Китов, отдавая дань светлой памяти А.А. Ляпунова, способствовал подготовке к опубликованию в 1980 году сборника его научных трудов.

Заключение

В данном докладе сделана попытка осветить, известные на сегодняшний момент времени, факты плодотворного сотрудничества двух выдающихся учёных и незаурядных людей – А.И. Китова и А.А. Ляпунова. При этом, мы несколько раз коснулись их сотрудничества и с другой выдающейся личностью – А.И. Бергом. Необходимо отметить, что были ещё периоды и факты их научного взаимодействия, не освещённые пока историками науки. В первую очередь, это период второй половины 1950 годов, когда А.А. Ляпунов работал в Вычислительном центре №1 Министерства обороны СССР, создателем и научным руководителем которого был А.И.Китов. И здесь роль А.И. Берга была, также, несомненной. Многие проекты, выполненные в 1950 годы в ВЦ-1 МО СССР ещё находятся в ожидании кропотливой работы исследователей славных страниц истории отечественной информатики.

Список литературы

1. Китов А. И. Кандидатская диссертация на тему “Программирование задач внешней баллистики ракет дальнего действия”. М., НИИ-4 МО СССР, 1952. 280 с.
2. Китов А. И. Применение электронных вычислительных машин // Известия артиллерийской академии имени Дзержинского, 1953. 30 с.
3. Соболев С.Л., Китов А.И., Ляпунов А.А. Основные черты кибернетики // М., журнал «Вопросы философии», 1955.– № 4.– С. 136–148.
4. Китов А.И. Техническая кибернетика // М., журнал «Радио», №11. 1955.
5. Китов А. И., Ляпунов А. А., Полетаев И. А., Яблонский С. В. О кибернетике // Труды 3-го Всесоюзного математического съезда. Краткое содержание докладов. Том 2. М., 1956.– С. 76–77.
6. Берг А. И., Китов А. И., Ляпунов А. А. Радиоэлектронику – на службу управления народным хозяйством // Коммунист. 1960.– № 9.– С. 21–28.
7. Китов А. И. Вычислительная техника – помощник в каждом деле // Известия. 12 июня 1960 г.
8. Китов А. И. Кибернетика и управление народным хозяйством // Кибернетику – на службу коммунизму. Сб. статей под ред. А. И. Берга. Том 1. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961.– С. 203–218.
9. Китов А. И. Кибернетика в управлении хозяйством // М.: Экономическая газета. Август 1961 г. № 4.
10. Берг А. И., Китов А. И., Ляпунов А. А. Кибернетика в военном деле // Военная мысль. 1961.– № 2.– С. 19–31.
11. Берг А. И., Китов А. И., Ляпунов А. А. О возможностях автоматизации управления народным хозяйством // Проблемы кибернетики. Вып.6. М.: Физматгиз, 1961.– С. 83–100.
12. Китов А. И., Ляпунов А. А. Кибернетика в технике и экономике // Вопросы философии. 1961. № 9.– С. 79–88.
13. Китов А. И., Ляпунов А. А. Научное содержание кибернетики // Морской сборник. 1962.– № 3.– С. 23–31.
14. В.А.Гервиг Интер-Нет! Почему в Советском Союзе не была создана общенациональная компьютерная сеть // Неприкосновенный запас, №1 (075). М., 2011
15. Г.А.Миронов Первый ВЦ и его основатель // Открытые системы, №5. М., 2008.
16. В.П.Исаев 50 лет АСУ: От атома до космоса // Открытые системы, №5. М., 2009.
17. В.А.Долгов Китов Анатолий Иванович – пионер кибернетики, информатики и автоматизированных систем управления // Минобрнауки РФ, КОС-ИНФ. М., 2010.
18. В.А.Долгов, В.В.Шилов «ЛЕДОКОЛ. Страницы биографии Анатолия Ивановича Китова» Приложение №3 к журналу «Информационные технологии». М., 2009.
19. В.П.Исаев Пути создания и развития отечественных АСУ глазами непосредственного участника событий // Виртуальный компьютерный музей - http://www.computer-museum.ru/galglory/kitov_10.htm
20. Г.А.Миронов А.И.Китов – создатель вычислительного центра №1 // Виртуальный компьютерный музей - http://www.computer-museum.ru/galglory/kitov_5.htm

Эффективная совместная деятельность А.И. Китова и А.И. Берга

Оганджян С.Б.¹, Прохоров С.П.²

¹ Редакция Большой Российской энциклопедии
sbenog@yandex.ru

² Институт системного программирования РАН
sergei.prokhorov@gmail.com

Fruitful Collaboratin of A.I. Kitov and A.I. Berg

Ogandjanyan S.¹, Prokhorov S.²

¹ Editorial Board of the Great Russian Encyclopedia

² RAS Institute for System Programming

Следует выделить несколько важных моментов совместной научно-организационной деятельности А.И. Китова и А.И. Берга, результатом которой явилась организация нескольких конкретных проектов государственного масштаба:

- появление в Советском Союзе книги «*Электронные цифровые машины*» – первой отечественной книги по ЭВМ и программированию,
- создание в СССР первого вычислительного центра,
- становление отечественной военной информатики,
- становление научного направления «Автоматизированные системы управления»,
- признание и развитие кибернетики в СССР,
- создание энциклопедии «Автоматизация производства и промышленная электроника».

Ниже приводится рассмотрение каждого из перечисленных пунктов научного и организационного взаимодействия двух выдающихся учёных.

Первая отечественная книга по ЭВМ и программированию

Аксель Иванович Берг и Анатолий Иванович Китов познакомились осенью 1953 г. Об этом пишет А.И. Китов в своей статье, помещённой в книге [1]. А.И. Берг, недавно назначенный заместителем министра обороны СССР по радиоэлектронике, осенью 1953 г. вызвал к себе А.И. Китова. Берг, естественно знал, что Китов, год назад защитивший диссертацию по программированию, является создателем и начальником первого в СССР отдела ЭВМ и программирования, располагавшегося в Военно-инженерной артиллерийской академии имени Ф.Э. Дзержинского. Видимо, поэтому, А.И. Берг поручил А.И. Китову выступить с докладом по кибернетике и электронно-вычислительной технике на заседании Научно-технического совета по радиоэлектронике МО СССР. Сразу же после доклада Анатолия Ивановича А.И. Берг делает два распоряжения: Китову – подготовить книгу по ЭЦМ, издательству «Советское радио» – незамедлительно эту будущую книгу опубликовать. Так в первой половине 1956 г. появилась книга А.И. Китова «*Электронные цифровые машины*» – первая в СССР монография по программированию, ЭВМ и различным, в том числе и неарифметическим, их применениям. В третьей части этой книги А.И. Китов указывает, в качестве важнейшего, использование ЭВМ для управления производством и решения задач экономики. Об этом же Китов упоминает в статье «Электронная вычислительная техника», которую заказал ему Берг для организованного им издания в феврале 1956 г. сборника статей «Радиотехника и электроника и их техническое применение» [13].

Первый в СССР вычислительный центр. Становление военной информатики

Следующим делом общесоюзного масштаба, выполненного при активной поддержке А.И.Берга, было создание А.И.Китовым первого в стране (1954 г.) вычислительного центра – ВЦ №1 Генштаба МО СССР (в/ч 01168), в котором он был научным руководителем. Во второй половине 1950-х гг. в нём работало порядка двухсот программистов и алгоритмистов, свыше сорока математиков, моделирующих различные боевые ситуации, несколько сот инженеров-электронщиков и т.д. В 1950-х гг., этот первый в стране ВЦ, по количеству и научному потенциалу сотрудников и широте охвата решаемых задач был самым мощным в СССР и одним из самых мощных в мире. Как пишет в [7] на стр.219 ветеран советской информатики д.т.н., профессор К.И. Курбаков «*Это была поистине грандиозная эпопея – создание А.И. Китовым в середине 1954 года первого в СССР Вычислительного центра – ВЦ-1 Министерства обороны СССР, который потом трансформировался в ЦНИИ-27 МО СССР. Это был не просто научно-исследовательский центр. Это был крупнейший в стране очаг кибернетической мысли, один из передовых компьютерных центров мирового масштаба*».

Как вспоминает в [7] другой ветеран информатики д.т.н., профессор Г.А. Миронов «*Деятельность полковника А.И. Китова в ВЦ-1 МО СССР можно кратко охарактеризовать как создание вычислительного центра и выбор путей его развития... Анатолий Иванович Китов был не только основателем Вычислительного центра №1, но вдохнул в него истинную научную душу... Несомненным «прикрытием» А.И. Китова от военных партчиновников являлся адмирал А.И. Берг. Он был академиком АН СССР и работал Заместителем Министра обороны СССР по радиоэлектронике с 1953 по 1957 гг., когда ушел из армии в связи с ухудшением здоровья. Берг и Китов были очень схожи, людьми одного склада – в плане остроты ума, решительности при принятии рискованных решений, волевых качеств. Они даже внешне были очень похожи друг на друга. Несмотря на большую*

разницу в возрасте (А.И. Берг был на двадцать семь лет старше А.И. Китова), их деловые отношения переросли в плодотворное научное сотрудничество и дружбу на долгие годы».

Как известно, в Советском Союзе первой серийно выпускаемой вычислительной машиной была ЭВМ «Стрела». А.И. Китову удалось добиться (и здесь, очевидно, не обошлось без поддержки А.И. Берга) чтобы одна из семи выпущенных СКБ-245 «Стрел» была установлена в ВЦ-1 МО. Она явилась первой ЭВМ в системе организаций (воинских частей) Министерства обороны СССР. В 1950–1960-х гг. А.И. Китов основывает сборник научных трудов в/ч 01168 (в котором является и главным редактором) и выпускает большую серию научных публикаций, посвящённых основополагающим вопросам военной информатики и, в том числе, в 1961 г. совместную с А.И.Бергом и А.А.Ляпуновым статью «Кибернетика в военном деле» в журнале «Военная мысль».

Два письма Н.С. Хрущёву в 1959 г. Первый в стране доклад по АСУ страны. Совместная деятельность по развитию кибернетики в СССР

А.И.Китов был автором первых в стране предложений создания общенациональной компьютерной сети Советского Союза. В 1958 году он выпустил брошюру «Электронные вычислительные машины», в которой изложил программу автоматизации обработки информации и административного управления путем создания сети вычислительных центров на территории всей страны: «Вычислительные центры должны быть связаны в Единую систему автоматической информационной и вычислительной службы, которая будет обеспечивать нужды всех учреждений и организаций в необходимой научной, технической, экономической и другой информации... Наличие единой сети информационных и вычислительных машин позволит... использовать результаты обработки для планирования и руководства хозяйством»[12]. 7-го января 1959 г. Китов посылает письмо в ЦК КПСС Н.С. Хрущёву с предложением масштабной компьютеризации управления национальной экономикой на основе создания ЕГСВЦ – Единой государственной сети вычислительных центров. Советское руководство отнеслось к предложениям Китова весьма серьезно. Работавший тогда секретарем ЦК КПСС Л.И. Брежнев отдал указание об организации специальной государственной комиссии во главе с академиком, адмиралом А.И. Бергом. Комиссия Берга **полностью одобрила все предложения А.И. Китова**, содержащиеся в его первом письме Н.С.Хрущёву. В декабре 1959 года Совет министров СССР принял Постановление, где поставил задачу создания новых типов вычислительных машин и систем для экономического анализа, планирования и статистики. Об этом пишет в [11] известный историк советской информатики В.А. Герович: «В целом, однако, руководство Советского Союза заняло осторожную и двойственную позицию. С одной стороны, оно поощряло новые технологии, но, с другой стороны, не желало идти на серьезную организационную реформу управленческих структур. В Постановление советского правительства не вошли самые главные идеи Китова, касающиеся создания общегосударственной сети вычислительных центров и единой автоматизированной системы управления экономикой всей страны. Берг и Ляпунов поддержали идеи Китова и помогли продвинуть их на трибуну и в печать».

В ноябре 1959 года Китов выступил с докладом на Всесоюзном совещании по вычислительной математике и вычислительной технике в Москве. В своем выступлении, основанном на идеях, изложенных в своём первом письме Хрущёву, Китов предложил создать единую государственную сеть информационно-вычислительных центров с централизованным управлением для решения задач учета и статистики, планирования, снабжения, банковского обслуживания и управления транспортом. Сначала, по мысли автора, эти центры должны были выполнять расчеты для предприятий, не имеющих ЭВМ, и помогать внедрять автоматизацию управления, а в дальнейшем - образовать единую сеть, выполняющую экономические и другие расчеты для всех советских предприятий. Берг и Ляпунов стали соавторами доклада, придав своими именами авторитет предложениям Китова. Потом этот доклад был опубликован в виде статьи [8].

Осенью 1959 г. Китов посылает своё второе письмо в ЦК КПСС Н.С. Хрущёву, содержащее разработанный им радикальный проект комплексной автоматизации управления советской экономикой и Вооружёнными силами страны на основе ЕГСВЦ (общенациональной сети всех ВЦ страны двойного назначения). Это письмо имело для Китова самые негативные последствия: его исключили из КПСС и сняли с престижной должности в ВЦ-1. Как отмечается в [11]: «Травля и увольнение Китова не поколебали его решимости продолжать борьбу за автоматизацию управления и, возможно, лишь укрепили его веру в необходимость реформ. Берг и Ляпунов продолжали оказывать ему поддержку даже после того, как он был подвергнут официальному осуждению комиссией Министерства обороны. В сентябре 1960 года Китов сумел опубликовать совместную с ними статью в главном партийном журнале страны «Коммунист», где доказывал преимущества создания единой системы управления, опирающейся на общегосударственную территориальную сеть информационно-вычислительных центров. Авторы обещали, что введение компьютеров сократит время планирования поставок с трех-четырех месяцев до трех дней, уменьшит управленческий аппарат наполовину и сократит затраты в сфере снабжения в пять раз[10].

В октябре 1961 года вышла новая и, пожалуй, наиболее влиятельная статья Китова в редактируемом Бергом сборнике «Кибернетику - на службу коммунизму!». Недавно выгнанный из партии автор писал, что «автоматизация управления народным хозяйством - важнейшее звено в деле построения коммунизма». Китов посвятил целый раздел статьи развернутому предложению о создании Единой государственной сети вычислительных центров (ЕГСВЦ). Он утверждал, что на основе этой сети можно будет построить «единую автоматизированную систему управления народным хозяйством страны», благодаря которой возникнет «полная гармония меж-

ду политическими и экономическими основами нашего государства и техническими средствами управления экономикой страны»[8].

А.И.Китов был активным членом группы соратников А.И.Берга в период создания Акселем Ивановичем Научного Совета по комплексной проблеме «Кибернетика», принимал участие в заседаниях организационных комитетов, проходивших под председательством А.И.Берга и в работе экономической и специальной (по вопросам военной кибернетики) секций этого Совета [5].

Создание энциклопедии «Автоматизация производства и промышленная электроника»

В.П. Исаев в своей статье в книге [7] вспоминает эпизод, когда он был представлен А.И. Китовым А.И. Бергу: «В то время, в 1959 г., А.И. Берг был директором ЦНИИ-108 и «старшим» соратником А.И. Китова по организации исследований по применению вычислительной техники в Вооружённых силах и народном хозяйстве. Чувствовалось глубокое уважение и доверие Акселя Ивановича к А.И. Китову, который представил меня как одного из будущих авторов серии статей в задуманной ими фундаментальной энциклопедии по кибернетике. Эта работа вышла в свет в 1962-1965 гг. в виде четырёхтомного издания под названием «Автоматизация производства и промышленная электроника». На более смелое название издательство тогда не решилось». Сам Китов написал для этой энциклопедии порядка двух десятков статей и привлёк в качестве её авторов с десятком своих учеников.

В той же публикации [7] Г.А. Миронов пишет: «*А.И. Китов мне много рассказывал о своей работе с А.И. Бергом, о написанных ими совместных научных работах, искренне его уважал. В его кабинете в РЭА им. Г.В. Плеханова, где он в 1980–1990-е годы заведовал кафедрой вычислительной техники, на его письменном столе стоял небольшой выразительный портрет Акселя Ивановича. А.И. Китов показывал мне книгу с дарственной надписью А.И. Берга «Глубокоуважаемому Анатолию Ивановичу Китову. На добрую память от старого друга».*

Данный доклад является попыткой приоткрыть страницы истории выдающейся совместной научно-организационной деятельности двух замечательных учёных А.И. Китова и А.И. Берга. Существует большое число проектов и документов на эту тему в различных архивах, и в первую очередь, в архивах Министерства обороны России, которые ещё ждут кропотливой работы историков отечественной информатики.

Список литературы

1. *Путь в большую науку: академик Аксель Берг.* Отв. ред. В. И. Сифоров. М.: Наука, 1988.– С. 131–134. В Виртуальном компьютерном музее - www.computer-museum.ru
2. Китов А.И. *Применение электронных вычислительных машин* // Известия артиллерийской академии имени Дзержинского, 1953.– 30 с.
3. Китов А.И. *Электронные цифровые машины* М.: Советское радио, 1956.– 3
4. *Аксель Иванович Берг 110 лет.* Под ред. Д.А.Поспелова, Я.И.Фета. Новосибирск. ИВМи МГ СО РАН, 2003.
5. *Аксель Иванович Берг 1893-1979.* Редактор-составитель Я.И.Фет. М., Наука, 2007
6. Долгов В.А., Шилов В.В. *ЛЕДОКОЛ. Страницы биографии Анатолия Ивановича Китова* // Информационные технологии, №3, Приложение, 2009
7. Долгов В.А. *Китов Анатолий Иванович – пионер кибернетики, информатики и автоматизированных систем управления.* М., Минобрнауки, КОС-ИНФ, 2010
8. Китов А. И. *Кибернетика и управление народным хозяйством* // Кибернетику – на службу коммунизму. Сб. статей под ред. А. И. Берга. Том 1. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961. С. 203-218
9. Берг А. И., Китов А. И., Ляпунов А. А. *О возможностях автоматизации управления народным хозяйством* // Проблемы кибернетики. Вып. 6. М.: Физматгиз, 1961. С. 83-100.
10. Берг А. И., Китов А. И., Ляпунов А. А. *Радиоэлектронику – на службу управления народным хозяйством* // ж.Коммунист. 1960. № 9. С. 21-28.
11. В.А.Герovich *Интер-Нет! Почему в Советском Союзе не была создана общенациональная компьютерная сеть* // Неприкосновенный запас, №1(75). М., 2011
12. Китов А. И. *Электронные вычислительные машины.* М.: Знание, 1958
13. Китов А.И. *Электронная вычислительная техника* // Сб.статей «Радиотехника и электроника и их техническое применение». Под редакцией А.И.Берга и Джигита, М., АН СССР, 1956

От операторного метода А.А. Ляпунова – к теории алгебраических моделей программ

Подловченко Р.И.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
podlovchenko.rimma@gmail.com

From A. Lyapunov Operator Method to the Theory of Algebraic Program Models

Podlovchenko R.
M.V. Lomonosov Moscow State University

Тема доклада подсказана тем, что в этом году исполняется 100 лет со дня рождения Алексея Андреевича Ляпунова и 80 лет со дня рождения Андрея Петровича Ершова.

А.А.Ляпунов является основоположником отечественной кибернетики и программирования как самостоятельного научного направления. Его ученик А.П.Ершов в течение нескольких десятилетий был лидером программирования в нашей стране.

История моделирования последовательных программ началась с создания А.А.Ляпуновым операторного метода программирования и активно поддерживалась работами А.П.Ершова. Концепции, на которых базируется операторный метод, послужили основанием теории алгебраических моделей программ. Это побуждает уделить ей основное внимание в докладе.

Краткий экскурс в историю

Официальное признание заслуг А.А.Ляпунова в отечественной науке произошло в 1964 году присвоением ему звания члена-корреспондента Академии Наук СССР. Международное признание заслуг А.А.Ляпунова выразилось в присуждении ему в 1996 году медали Computer Pioneer одной из самых авторитетных профессиональных организаций в сфере высоких технологий – IEEE Computer Society. Медаль А.А.Ляпунову украшает надпись: «Компьютерное общество признало А.А.Ляпунова основателем советской кибернетики и программирования». В программировании А.А. Ляпуновым заложены его основы – создан операторный метод. Концепции операторного метода формировались в процессе чтения А.А.Ляпуновым лекционного курса «Принципы программирования» для студентов механико-математического факультета МГУ. Это состоялось в 1952-53 учебном году. Из слушателей этого курса выросли первые составители отечественных трансляторов – А.П.Ершов, Э.З. Любимский и многие видные представители программирования. Сам лекционный курс был опубликован только в 1958 году в достаточно урезанном виде [4].

В операторном методе А.А. Ляпунов исходил из необходимости нового подхода к определению алгоритма: традиционные модели теории алгоритмов (машины Тьюринга, продукции Поста, нормальные алгоритмы Маркова, исчисление Чёрча-Клини) хороши для исследования природы вычисления, но непригодны для описания алгоритмов в форме, удобной для решения практических задач.

Операторный метод базируется на следующих концепциях:

- Ввести новое понятие алгоритма-программы как объекта математической модели вычислений.
- Изучать для таких алгоритмов проблему эквивалентности и проблему эквивалентных преобразований, обращаясь к схемам алгоритмов, игнорирующим некоторые особенности самих алгоритмов-программ; иными словами – создать другую математическую модель вычислений, объектами которой являются схемы программ.

Отметим, что проблема эквивалентности в математической модели вычислений состоит в поиске алгоритма, который распознаёт эквивалентность объектов модели, а проблема эквивалентных преобразований – в построении такой их системы, в рамках которой, какими бы ни были два эквивалентных объекта модели, любой из них трансформируем в другой (такая система эквивалентных преобразований называется полной в модели).

Обращение к схемам программ продиктовано тем, что достаточно богатые по выразительности классы алгоритмов не могут рассчитывать на разрешимость в них многих задач семантического анализа, включая проблему эквивалентности (следствие известной теоремы Райса).

Вместе с тем, обращение к схемам требует корректного моделирования программ схемами. Оно выражается в том, чтобы была проведена аппроксимация программ схемами, согласно которой

1) алгоритм, разрешающий эквивалентность схем, является алгоритмом, частично разрешающим эквивалентность программ, моделируемых схемами;

2) эквивалентные преобразования схем одновременно являются таковыми для моделируемых схемами программ.

Для этого целесообразно, чтобы синтаксически схема совпадала с моделируемой ею программой. Именно так осуществляется операторным методом.

Операторный метод содержит лишь неформальные определения программы и её схемы. Формализация понятия схемы была выполнена Ю.И. Яновым, в ту пору являвшимся аспирантом А.А. Ляпунова, и вошла в теорию схем программ под названием схем Янова. Последние, в сущности, являются схемами Ляпунова-Янова.

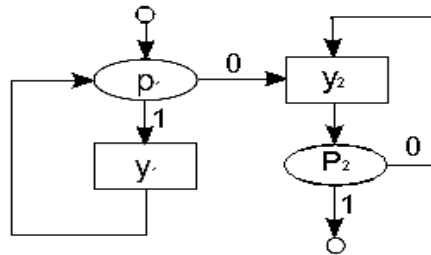
Разрешимость для них проблемы эквивалентности и проблемы эквивалентных преобразований, установленная Ю.И. Яновым (см. [10]), стала первым результатом в теории схем программ. Следует отметить, что этот результат оставался почти незамеченным программистами десятков лет. Внимание к нему появилось благодаря его интерпретации, выполненной А.П.Ершовым [2]. Немалую роль здесь сыграло введённое А.П.Ершовым описание схемы в виде конечного ориентированного графа с размеченными вершинами и дугами.

Концепции операторного метода положены в основу теории алгебраических моделей программ. В этой теории

- первоначально выполнена формализация понятия программы;
- разработана теория аппроксимации программ схемами;
- для аппроксимирующих алгебраических моделей программ исследуются проблема эквивалентности и проблема построения систем эквивалентных преобразований, полных в модели:
- разработаны методики распознавания эквивалентности в модели, ведущие к построению распознающих алгоритмов полиномиальной сложности;
- разработана методика построения полных систем эквивалентных преобразований в модели.

Несомненной привлекательностью теории алгебраических моделей программ является то обстоятельство, что она вобрала в себя результаты, полученные для дискретных преобразователей Глушкова-Летичевского и для схем программ со структурированной памятью (стандартных схем, в терминологии А.П. Ершова).

Обратимся к тому, как концепции операторного метода реализуются в теории алгебраических моделей программ. В ней формализованные программы строятся над двумя конечными алфавитами Y и P . Элементы алфавита Y называются операторными символами, а элементы алфавита P – логическими переменными (они принимают значения 0 и 1). Структура программы поясняется рисунком 1; здесь полными кружочками изображены вход и выход программы, прямоугольниками – преобразователи с приписанными им операторными символами, овалами – распознаватели с приписанными им логическими переменными.



Семантика программы индуцируется семантикой σ базиса Y, P ; последняя состоит в выборе предметного множества (его элементы именуются состояниями), в приписывании каждому символу из Y отображения этого множества в себя и в приписывании каждой переменной из P отображения множества состояний в множество $\{0, 1\}$.

Вводится универсальная процедура выполнения программы при заданной семантике базиса на некотором начальном состоянии. Она состоит в детерминированном обходе графа программы, начинающимся в его входе при выбранном состоянии и сопровождающимся изменением текущего состояния при переходе через преобразователи. Результатом считается состояние, при котором достигнут выход программы. Таким образом, программе сопоставляется частичное отображение множества состояний в себя. Эквивалентными при заданной семантике базиса объявляются программы, реализующие одинаковые отображения. Так возникает модель вычислений, именуемая σ -классом программ.

Отметим, какие реальные программы представлены формализованными. Всякая формализованная программа может быть построена для программы, записанной на алгоритмическом языке типа Pascal, если в этой записи отказаться от типов переменных, от операторов ввода начальных данных и вывода результатов. Все виды композиции операторов, кроме процедур, являются допустимыми. Так, программа с рис.1 интерпретируема как композиция цикла с предусловием и цикла с постусловием.

Перейдём теперь к описанию алгебраических моделей программ. Они введены в [5] и составляют семейство, в котором все они для выбранного базиса операторных символов и логических переменных имеют общим множество объектов, называемых схемами программ, и отличаются друг от друга отношением эквивалентности схем программ. Синтаксически схема программы над базисом Y, P совпадает с программой над тем же базисом. Таким образом, всякое преобразование структуры схемы программы является преобразованием структуры самой программы. Семантика схемы программы состоит в приписывании ей частичного отображения множества Y^* в себя. Последнее осуществляется универсальной процедурой выполнения схемы на функции разметки, определяемой как отображение Y^* в множество X , где $X = \{x \mid x: P \rightarrow \{0, 1\}\}$. Элементы множества Y^* называются операторными цепочками, а элементы множества X – наборами значений логических переменных.

Выполнение схемы на заданной функции разметки представляет собой обход схемы, начинающийся в её входе с пустой операторной цепочкой и сопровождающийся её накоплением при переходе через преобразователь. Функция разметки обеспечивает детерминированность обхода, который является завершаемым при достижении выхода схемы; полученная к этому моменту цепочка составляет результат выполнения схемы.

Эквивалентность схем над базисом Y, P индуцируется двумя параметрами:

- эквивалентностью v в Y^* ;
- подмножеством L функций разметки

и называется (v, L) – эквивалентностью.

Множество схем над базисом Y , P с введённой в нём отношением (v, L) – эквивалентности схем называется (v, L) – моделью. (v, L) – модель называется аппроксимирующей, если существует такой σ -класс программ, что из эквивалентности схем всегда следует эквивалентность программ той же структуры, что и схемы. Таким образом, алгоритм, распознающий эквивалентность схем в аппроксимирующей модели, частично распознаёт эквивалентность программ в аппроксимируемом классе программ. Получен достаточный признак того, что (v, L) – модель является аппроксимирующей, и рассматриваются только модели, ему удовлетворяющие.

В теории алгебраических моделей программ установлено, что для любой модели дискретных преобразователей, введённой в [1], существует равносильная ей алгебраическая модель. Этим в данную теорию вносятся все результаты по проблеме эквивалентности, полученные для дискретных преобразователей. Отметим, что положительные результаты для них получены методикой, предложенной А.А. Летичевским в [1] и состоящей в рекурсивном устранении несущественных ветвлений с целью приведения пары параллельных дискретных преобразователей к общему виду; поэтому алгоритмы, разрешающие эквивалентность, экспоненциальны по сложности. Вместе с тем, этими результатами очерчена область для поиска разрешающих алгоритмов приемлемой сложности в теории алгебраических моделей программ.

Установлено, что и для любой модели, объектами которой являются схемы программ со структурированной памятью, существует равносильная ей алгебраическая модель программ. Этим теория последних пополняется различными фактами, в частности, выявляются модели конечных автоматов-ацепторов, равносильные алгебраическим моделям программ [11]. Новым направлением исследований в теории алгебраических моделей программ является разработка методик распознавания эквивалентности с полиномиальной сложностью, т.е. построение алгоритмов, приемлемых в практическом программировании. К настоящему времени разработаны три методики; они основаны на

1. сведении проблемы эквивалентности к проблеме решения уравнений в специальных полугруппах [3];
2. применимости техники следов [7];
3. сведении проблемы эквивалентности к проблеме пустоты для обобщённых двухленточных автоматов [12].

Установлена результативность каждой из этих техник.

В [8] разработана методика построения систем эквивалентных преобразований, полных в алгебраических моделях программ и продемонстрированы результаты её применения. Изложенное выше говорит об активном развитии теории алгебраических моделей программ. Отметим, что результаты теории находят применение при решении таких актуальных задач, как защита программ от несанкционированного их использования и как выявление в программах «вирусов».

Список литературы

1. Глушков В.М., Летичевский А.А. Теория дискретных преобразователей // Избранные вопросы алгебры и логики. – Новосибирск: Наука. 1973. – С.5-39.
2. Ершов А.П. Об операторных схемах Янова // Проблемы кибернетики. Вып.27. – М: Наука. 1973. – С.87-110.
3. Захаров В.А. Быстрые алгоритмы разрешения эквивалентности операторных программ на уравновешенных шкалах // Математические вопросы кибернетики. Вып.7. 1998. – С.303-324.
4. Ляпунов А.А. О логических схемах программ // Проблемы кибернетики. Вып.1.- М: Физматгиз. 1958. – С.46-74.
5. Подловченко Р.И. Иерархия моделей программ // Программирование. – 1981. -№2. – С.3-14.
6. Подловченко Р.И., Захаров В.А. Полиномиальный по сложности алгоритм, распознающий коммутативную эквивалентность схем программ // Докл. РАН. Информатика. – 1998. – Т.362, №6. – С.744-747.
7. Подловченко Р.И. Техника следов в разрешении проблемы эквивалентности в алгебраических моделях программ // Кибернетика и системный анализ. – Киев. – 2009, №5.
8. Подловченко Р.И. Полные системы эквивалентных преобразований в уравновешенных полугрупповых моделях программ с левым сокращением // Программирование. – 2010, №3.
9. Подловченко Р.И. К вопросу о полиномиальной сложности проблемы эквивалентности в алгебраических моделях программ // Кибернетика и системный анализ. – Киев. – 2011, №3.
10. Янов Ю.И. О логических схемах алгоритмов // Проблемы кибернетики. Вып.1. – М: Физматгиз. 1958. – С.75-127.
11. Luckham D.C., Park D.M., Paterson M.S. On formalized computer programs // JCSC. 1970. – V.4, №3. – P/88-101.
12. Zakharov V. A. Two-tape machinery for the equivalence checking of sequential programs // Proc. of the International workshop of Program Understanding, June 20-22, 2009, Novosibirsk/ - 2009. – P. 28-40.

Навигационные инструменты в глобальных сетях (краткая история)

Поляк Ю.Е.

Центральный экономико-математический институт РАН
yuripolak@yandex.ru

Tools for Navigation in Global Networks (A Short History)

Polyak Yu.

Russian Academy of Sciences
Central Economics and Mathematics Institute

Деятельность человека в современном мире все больше зависит от информированности и способности эффективно использовать информацию. Важнейшим источником информации в последние годы стал интернет. В 2005 году информационное наполнение «видимой» части интернета (т.е. индексируемой поисковыми системами) превысило объем Библиотеки Конгресса США¹ и продолжает экспоненциально расти. Ежедневно в сети появляются миллионы новых документов. Это, с одной стороны, означает рост вероятности того, что нужные сведения находятся в сети и в принципе доступны. С другой стороны, сложность поиска этих данных растет так же быстро.

10–15 лет назад исследователи сетовали на невозможность найти в интернете необходимую информацию. Причина банальна: ее там попросту не было. Сейчас претензии к интернету чаще носят иной характер: в ответ на запрос приходят сотни тысяч, а то и миллионы ссылок. Как правило, это означает, что запрос составлен непрофессионально и нуждается в уточнении, однако это не мешает незадачливым пользователям (обычно представителям старшего поколения) ничтоже сумняшеся называть интернет «свалкой», «помойкой» и т.п. Так, по мнению нашего экс-президента, «в интернете 50 процентов порноматериалов»². Между тем следует осознать, что умение искать информацию в глобальных сетях и анализировать найденное должно войти в число базовых навыков, наряду с общей грамотностью (тем более, что ее уровень неуклонно снижается).

Поиск информации в интернете не только важный вид интеллектуальной деятельности. Каждый сталкивается с повседневной необходимостью что-то искать: работу, компьютер, авиабилет, ремонтную мастерскую, фильм, гостиницу. Профессионалы давно осознали, что поиск лежит в основе крупного бизнеса, а наиболее успешные стали миллиардерами не за счет удачного наследства или торговли углеводородами, а исключительно благодаря собственному интеллекту и трудолюбию. Здесь можно вспомнить триумфальный выход на биржу крупнейших поисковиков Google и Яндекс. Среди других видов бизнеса конкурентная разведка, платные услуги по поиску и предоставлению информации. Поиск стал предметом многочисленных учебных курсов и даже увлекательной игрой, в 2001–2008 годах проходили соревнования на кубок России³ и множество локальных турниров [7].

Существует большое количество разнообразных инструментов и средств поиска. В рамках данного сообщения мы ограничимся рассмотрением каталогов и поисковых систем.

История профессионального поиска в глобальных сетях насчитывает немногим более 15 лет (огромный срок в масштабах компьютерной и телекоммуникационной индустрии!). Как и история интернета, она пишется на наших глазах, но долгое время была известна лишь специалистам. Такие важнейшие события как соединение 4 удаленных компьютеров (1969), первое электронное письмо, появление браузера Т.Бернса-Ли не стали достоянием широкой публики. Но когда в 1993 г. М. Андрессен представил браузер Mosaic, начался взрывной рост числа сайтов, пользователей, объемов информации. Соответственно возникла необходимость эту информацию упорядочивать и искать. Первые навигаторы по сети имели вид рукописных листков и текстовых файлов. Впоследствии поисковые инструменты прошли путь от списков до структурированных каталогов (directories) и мощных поисковых систем (search engines). Поисковые системы образовали основу крупнейших порталов, стали ведущими трафикогенераторами мирового и российского интернета.

Современная картина поисковых средств начала складываться ко второй половине 90-х годов. В апреле 1994 года стэнфордские аспиранты Дэвид Фило и Джерри Янг решили сделать для себя удобный инструмент для навигации по интернету (существовавшие тогда каталоги их не удовлетворяли). Несколькими позднее, когда создаваемые списки стали слишком громоздкими, возникла необходимость в базе данных, которая получила название Yahoo! (Yet Another Hierarchical Official Oracle). Сейчас одноименная фирма входит в число ста крупнейших компаний, а ее основатели – в списки влиятельнейших и богатейших предпринимателей. К тому времени пользователям были доступны неплохие поисковые системы Lycos, HotBot, AltaVista (с возможностью обработки кириллических запросов, пусть довольно примитивной). Все они отступили на задний план, когда в 1999 г. Ларри Пейдж и Сергей Брин предложили алгоритм ранжирования PageRank, ставший изюминкой поис-

¹ <http://www.glaire.com/refer.htm>

² Стенографический отчет о заседании Государственного совета по вопросам развития политической системы России 22 января 2010 г. <http://президент.рф/%D0%B2%D1%8B%D1%81%D1%82%D1%83%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F/6693>

³ <http://kubok.yandex.ru>

ковика Google. В настоящее время Google обрабатывает почти две трети мировых поисковых запросов, а само это слово стало нарицательным понятием.

А вот несколько дат из отечественной истории.

26 сентября 1996 г. – создание первой российской поисковой системы Rambler (www.rambler.ru), сайт которой вскоре стал самым посещаемым сайтом рунета. Проект осуществлен Д.Крюковым на базе интернет-провайдера «Стек» (Пушино).

29 ноября 1996 г. – на семинаре РОЦИТ представлена разработка А.Дыбенко и Ю.Поляка каталог «Русский интернет» (позднее «Ау!», «@Rus», «Апорт»). Вплоть до конца тысячелетия он оставался лучшим в рунете и получил неофициальное название «русского Yahoo».

3 марта 1997 г. – открытие первого в рунете рейтинга-классификатора Rambler's TOP100, позволявшего вести подсчет посещаемости сайтов. Позже именно посещаемость стала одним из главных критериев оценки уровня веб-сайтов и их стоимости.

23 сентября 1997 г. – начало работы поисковой системы Yandex (www.yandex.ru), производящей поиск на основе морфологического анализа, независимо от падежей и спряжений слов в запросе. Разработчики – А.Волож и И.Сегалович. Впервые был реализован естественно-языковой поиск для русского языка. Yandex сегодня – это 7 дата-центров, несколько тысяч серверов, более 10 миллиардов проиндексированных страниц, свыше 2000 сотрудников, 64% поискового рынка России. Месячная аудитория портала yandex.ru приближается к 40 миллионам. Помимо поиска, Yandex предоставляет много других сервисов, которые занимают передовые позиции на рынке. В своих нишах лидируют: Яндекс.Маркет, Яндекс.Карты, Поиск по блогам, Народ.ру, Яндекс.Пробки. Одними из крупнейших в своих областях являются Яндекс.Деньги, Почта Яндекса, Яндекс.Новости.

Важно подчеркнуть, что названные выше системы не пытались конкурировать с иностранными аналогами «на их поле», они были адресованы отечественным пользователям, и здесь им не было равных. Когда в «русском» сегменте Yahoo! было представлено всего несколько газет и два десятка вузов, соответствующие разделы «Ау!» насчитывали сотни и тысячи ссылок. Возможности AltaVista и Google по обработке русскоязычных запросов не шли ни в какое сравнение с поиском Yandex с учетом морфологии русского языка, основанном на многолетних академических разработках (у Google похожий сервис появился лишь несколько лет назад).

Заметим, что Россия – одна из немногих стран, где на местном рынке средств поиска лидирующее положение занимают отечественные системы, основанные на собственных интернет-технологиях мирового уровня. Среди причин этого, как отмечалось выше, высокий интеллектуальный потенциал и многолетний опыт разработчиков, учет особенностей русского языка на базе использования достижений академической науки. Кроме России, национальные поисковые системы лидируют только в Китае (Baidu), Южной Корее (Naver и Daum), Чехии (Seznam) и, естественно, в США. Кроме того, отметим, что исландский поисковик Leif.is довольно успешно конкурирует с Google, а в Японии и на Тайване лидирует Yahoo.

Остановимся более подробно на разработке каталога «Ау!», к которой автор имел непосредственное отношение в качестве заведующего лабораторией сетевых информационных ресурсов Центрального экономико-математического института РАН. Мотивы создания этого каталога были теми же, что у Фило и Янга: существовавшие тогда списки русскоязычных ресурсов (из Ижевска, Геленджика, ряда американских университетов) были не слишком полными и удобными. Нелишне напомнить, что в то время до «интернетизации» страны было далеко, и рунет был вполне обозрим. Среди нескольких сотен доменов выделялись крупнейшие вузы и научные центры. А такие поисковые инструменты как Yandex и Rambler's Top100 возникли лишь в следующем, 1997 году. Не было тогда ни платежных систем, ни интернет-магазинов, ни служб почтового хостинга, ни ежедневных интернет-газет (дата появления CyberPlat – 11.03.98, «оЗона» – 9.04.98, Mail.Ru – 1.11.98, Gazeta.Ru – 1.3.99).

Над информационным наполнением работали около 20 человек, в том числе студенты МГУ. В базе данных было порядка 50 тысяч записей, а пользователей – до 20 тысяч в день. Профессор МГУКИ В.К.Степанов указывал, что «каталог отражает исключительно российские ресурсы. Он имеет 3-4-уровневую иерархическую структуру и обновляется с завидной оперативностью. Его создатели самостоятельно и весьма тщательно стремятся учесть максимальное число отечественных серверов. Каждая ссылка на источник снабжается развернутой аннотацией, которая позволяет получить предварительное представление о содержимом сервера. На сегодняшний день это самый полный перечень ресурсов российского блока всемирной компьютерной паутины».

Долгое время основной задачей редакционной группы был поиск интересных сайтов и составление их описаний. С ростом популярности каталога к этому добавилась проверка адресов, присланных пользователями, и редактирование аннотаций. Тщательное ручное тестирование позволяло объективно описывать информационные ресурсы, в то время как автоматизированные поисковые системы того времени грешили большим процентом неактуальных ссылок и «информационного мусора».

Параллельно с онлайн-каталогом появилась масса печатных справочников интернет-адресов с информацией из базы данных ЦЭМИ. Назовем циклы тематических обзоров в еженедельнике PC Week и журнале «Информационные ресурсы России»; первый русскоязычный печатный каталог [1], несколько изданий справочника «Russian Internet Directory», десять выпусков «Навигатора российского интернета», бестселлер [2]. Интернет-центр в Санкт-Петербурге в серии методических материалов выпустил брошюру о работе с каталогом «Ау!». Программа «Ау!» зарегистрирована в РосАПО (свидетельство №970718, 1997).

Во второй половине 90-х годов обсуждались плюсы и минусы каталогов и поисковых систем [4,5], при этом было понятно, что распространившиеся поисковые машины нового поколения с их миллионами индекси-

рованных документов и постоянной актуализацией баз данных выиграли заочное соревнование в скорости и объемах с живыми редакторами. Началась конвергенция каталогов и поисковых систем, позволившая им приобрести лучшие черты друг друга. Ограничение области поиска определенной тематической категорией экономило время поиска и в то же время повышало релевантность его результатов. Тщательный ручной мониторинг встроенного каталога в сочетании с быстрым автоматическим обходом сайтов, выполняемым поисковыми роботами, обеспечивал высокую степень соответствия запроса и результата.

Время «чистых» каталогов прошло, и «Ау!» (он тогда уже назывался «@Rus», поддерживался другой командой и насчитывал порядка 70000 адресов) влился в популярный поисковик «Апорт».

В последующие годы автор руководил разработкой каталога Yandex (1999-2000), принимал активное участие в создании новой версии рейтинга RamblerTop100 (2008), разработал спецкурс «Эффективный поиск информационных ресурсов», который читался в МГУ и Институте ЮНЕСКО по информационным технологиям в образовании. Он участвовал в работе жюри конкурса учебных курсов по информационному поиску⁴, организованного компанией Yandex.

Изображения отечественных и зарубежных сайтов прошлых лет представлены в «интернет-музее»⁵. Близкая по тематике информация помещена на сайтах Музея истории интернета⁶ (проект Курчатовского института и Фонда развития интернета) и «История интернета в России»⁷.

Список литературы

1. Вовченко Т.О. и др. Информационные ресурсы Интернет // «Технологии электронных коммуникаций», том 68. – М.: Эко-Трендз, 1996.
2. Поляк Ю.Е., Сигалов А.В. Желтые страницы Internet'98. Русские ресурсы/ - СПб: «Питер», 1998
3. Поляк Ю.Е. «Ау!» - первый миллион посещений // «Компьютер в школе», №4, 1998
4. Polak Yuri. Information search in Russian Internet on the eve of 2000. // Internet: Technologies and Services. The 1st IEEE International Conference and Exhibition, 1999
5. Поляк Ю.Е. Эволюция поисковых инструментов Рунета // Всероссийская научная конференция «Научный сервис в сети Интернет», Новороссийск, 2000
6. Сегалович И.В. Как работают поисковые системы // «Мир Internet» №10, 2002
7. Поляк Ю.Е. Найдется все. Если уметь искать // «Информационные ресурсы России» №1-2, 2002
8. Парахина О.В., Поляк Ю.Е. Проблемы каталогизации электронных университета. Серия «Информатика образовательных ресурсов // Вестник Московского городского педагогического и информатизация образования» № 2 (7) 2006

⁴ <http://company.yandex.ru/academic/class2006>

⁵ <http://museum.uka.ru>

⁶ <http://www.fid.ru/museum>

⁷ <http://www.nethistory.ru>

У истоков отечественной военной информатики

Приходько А.Я.
Московский государственный горный университет
alexpr2010@gmail.com

Russian Military Informatics Origins

Prikhod'ko A.
Moscow State Mining University

Рождение новой научно-технической отрасли в нашей стране было очень непростым. Реакционные философские и партийно-политические круги СССР навесили на «кибернетику» (таким термином именовалась информатика в начале 1950-х гг.) ярлык «служанки реакционных кругов буржуазии», что в те годы превратило эту сферу науки практически в запрещенную. Специалист, работавший тогда в сфере кибернетики, мог быть в любой момент времени подвергнут публичной критике представителей партийных и государственных органов с самыми тяжелыми последствиями. Поэтому у истоков кибернетики (информатики) в нашей стране встали люди исключительного личного мужества, увидевшие в ее первых ростках средство решения самых насущных военных и государственных задач. Одним из этих выдающихся представителей советской науки был будущий основатель советской военной кибернетики, один из основателей советской школы информатики в целом, молодой тридцатилетний офицер, Анатолий Иванович Китов. К огромному сожалению, этот человек уникальной судьбы и уникальных творческих достижений, которым должна гордиться российская наука и на судьбе которого должны воспитываться новые поколения молодых специалистов, сегодня является в какой-то степени забытым «секретным информатиком», о судьбе которого знают сравнительно немногие. Для большинства так и осталось загадкой, кем же был А.И.Китов, безусловно выдающийся советский специалист, автор знаменитых на всю страну первых советских статей и книг об ЭВМ и программировании. По его книгам, переведенным на многие европейские языки, выучились несколько поколений советских и восточноевропейских специалистов. Поэтому исторический долг требует отдать должное выдающемуся советскому учёному. Его обошли стороной премии и награды, словари, энциклопедии и публичное признание, но ничто не может умалить масштабов сделанного им за бурное первое десятилетие рождения советской информатики и ничто не может умалить гигантского масштаба самой личности Анатолия Ивановича Китова.

Сегодня военное дело немыслимо без широкомасштабного и всеобъемлющего применения разнообразных средств вычислительной техники и крупномасштабных информационных систем. Многим уже кажется, что так было всегда. Однако, первая ЭВМ («Стрела») появилась в Вооруженных силах СССР усилиями А.И. Китова около 55 лет назад – в середине 50-годов, ознаменовав в нашей стране рождение новой эры – эры всеобъемлющей информатизации военного дела.

Одним из итогов Второй мировой войны явилось радикальное изменение обычных вооружений (например, авиации), появление принципиально новых видов вооружений и военной техники (атомного и ракетного), увеличение масштабов ведения боевых действий и одновременного сокращения времени на принятие решений в ходе подготовки и при ведении боевых действий. Возникла огромная неудовлетворенная потребность в выполнении задач по осуществлению математических расчетов и других задач по переработке гигантских объемов информации. Эта неудовлетворенная потребность и стала главным «двигателем» по созданию новой научно-технической отрасли, сегодня называемой информатикой, революционным образом изменившей нашу жизнь за прошедшие с момента своего рождения чуть более полувека.

Известно, что А.И. Китов является в СССР автором первой позитивной статьи по кибернетике, первой книги по ЭВМ, первого учебника по ЭВМ и программированию, двух монографий по использованию ЭВМ в экономике, двух алгоритмических языков АЛГЭМ и НОРМИН, трёх монографий по медицинской кибернетике и много другого. В настоящей статье, в соответствии с её названием, делается акцент на передовые научно-исследовательские работы и основополагающие публикации А.И. Китова в области военной информатики.

Полковник Анатолий Иванович Китов был выдающимся представителем советской военной науки и просто советской науки, создавшим с «нуля» основы военной информатики в СССР. В 1954 году он создал также самый мощный в стране и один из наиболее мощных в мире, на тот период времени, научно-производственный центр по созданию программного обеспечения, разработке математических методов, практическому решению задач государственной важности на ЭВМ. В те годы эта секретная военная научно-исследовательская организация называлась ВЦ №1 МО СССР (в/ч 01168). Тогда, по своей государственной значимости, квалификации и количеству научных сотрудников, числу научно-производственных подразделений, достигнутым результатам своей исследовательской деятельности и т.д., ВЦ №1 превосходил другие аналогичные советские организации. И вывел ВЦ №1 МО СССР на этот высочайший уровень своей титанической деятельностью лично А.И. Китов. Он создал ВЦ №1 МО СССР на полтора года раньше, чем и ВЦ АН СССР и НИВЦ МГУ. К сожалению, сегодня сам факт существования такой организации и ее громадных достижений в деле строительства советской информатики либо почти полностью забыт, либо замалчивается.

Кратко приведем несколько фактов из биографии А.И. Китова. В 1945-м году, после участия в Великой отечественной войне (для него с начала июля 1941-го по май 1945-го), он поступил в Артиллерийскую Академию имени Дзержинского, в которой отличную учёбу совмещал с активной научной работой в области баллистики (им написано несколько фундаментальных статей и сделано одно изобретение). В 1950-м году А.И. Ки-

тов окончил с золотой медалью эту прославленную академию, в которой состоялось его личное знакомство с несколькими представителями академической науки. А.И. Китов впервые познакомился с работами по созданию первых ЭВМ в СССР в самый начальный период их зарождения. В первую очередь, в СКБ-245 (впоследствии НИИЦВТ), куда он имел свободный доступ в качестве официального представителя МО СССР (военпреда). Анатолий Иванович сразу увидел революционные возможности, заложенные в использовании вычислительной техники. Подобно Лейбницу, сформировавшему сверхзадачу формализовать мыслительную деятельность, Анатолий Иванович Китов для себя сформировал сверхзадачу осуществить революционные преобразования в сфере управления средствами вооружения, ведением боя (военными операциями) и вооруженными силами (ВС) страны в целом на основе широкомасштабного внедрения средств вычислительной техники, разработки новых, научно обоснованных методов управления войсками, формирования нового поколения командного состава, способного эффективно использовать новейшие технологии управления в интересах обеспечения надлежащего уровня обороноспособности страны. Все последующие шаги, в период до 1960-го года, были действиями по методичной реализации этой сверхзадачи.

В 1952 году А.И. Китов был назначен начальником отдела вычислительных машин в Академии Артиллерийских наук МО СССР, существовавшей вплоть до 1953-го года. Президентом этой военно-научной Академии был Главный маршал артиллерии Н.Н. Воронов, и ей подчинялся ряд профильных научных институтов и исследовательских организаций МО СССР. Что такое «вычислительная техника» в то время в вооруженных силах понимали считанные единицы. В этот период Анатолий Иванович становится одним из ведущих в СССР «агитаторов и пропагандистов» нового научно-технического направления. Необходимо было сформировать команду единомышленников. Сегодня, к сожалению, уже трудно восстановить во скольких, неизменно переполненных, аудиториях в те годы выступил Анатолий Иванович, отстаивая право новой науки на жизнь. Кроме слов надо было убеждать делом, т.е. практически показывать преимущества и возможности вычислительной техники. И Анатолий Иванович становится не только одним из первых специалистов по ЭВМ и программированию в Вооруженных Силах (ВС) – он становится одним из первых специалистов СССР в этой области. В 1952-м году, менее чем через два года после окончания военной академии, А.И.Китов на Учёном Совете знаменитого НИИ-4 при Академии артиллерийских наук защитил кандидатскую диссертацию, посвященную решению проблемы программирования задач внешней баллистики ракет дальнего действия. Это была первая в стране диссертацией по программированию военных задач на ЭВМ, и не только военных. Талант Анатолия Ивановича проявился в выборе для решения одновременно актуальной и выигрышной для реализации задачи. Мало кто знает, что в дальнейшем созданный им ВЦ № 1 МО СССР обеспечил выполнение баллистических расчетов запусков всех первых спутников и первых четырех пилотируемых космических полетов. Пока эта страница отечественной космонавтики покрыта мраком, хотя без решения этих задач запуски баллистических межконтинентальных ракет были бы невозможны. Официально в стране в 1952 году еще не существовало такой науки, как «кибернетика». Нет ни учебных заведений, ни учебников, а есть только строжайший запрет на публикацию каких-либо позитивных публикаций по этому научному направлению. И А.И.Китов, понимая, возможно, лучше, чем кто-либо в стране, нетерпимость такого положения, пишет знаменитую статью «Основные черты кибернетики», привлекает к этой статье в качестве соавторов А.А.Ляпунова и С.Л.Соболева. Она будет опубликована в журнале «Вопросы философии» только в 1955-м году. Три долгих года уйдут на ожесточенную борьбу с ретроградами. Официально публичная история кибернетики и информатики в СССР начинается с публикации именно этой статьи. И уже только за это будущие поколения должны быть благодарны Анатолию Ивановичу Китову.

А.И. Китов продолжал наращивать усилия по углублению применения ЭВМ в ВС СССР. Ещё в Академии артиллерийских наук организацией отдела ЭВМ А.И. Китовым была начата подготовка к созданию первого в СССР вычислительного центра – ВЦ-1 МО СССР. В стране еще не существовало ни одного научного центра, который был бы предназначен для решения научно-технических задач государственного значения на основе комплексного использования вычислительной техники. Эта идея была выношена Анатолием Ивановичем и доведена до практической реализации. В июле 1953-го года Академия артиллерийских наук была упразднена, и отдел ЭВМ, возглавляемый А.И. Китовым, переподчинен Артиллерийской академии имени Дзержинского. В этой должности он работал до мая 1954-го года. К этому времени отдел вычислительных машин, усилиями его начальника, уже представлял серьёзное научное подразделение – в нём работало порядка сорока офицеров. В конце первого полугодия 1954 г. руководством было принято решение о создании в ВС СССР 4-х вычислительных центров, предназначенных для решения особо важных задач МО СССР на основе использования ЭВМ. Помимо ВЦ-1 МО СССР, это ВЦ военно-морских сил (ВЦ ВМФ) и ВЦ военно-воздушных сил (ВЦ ВВС). Но только ВЦ-1 МО СССР смог достигнуть, благодаря титаническим усилиям А.И. Китова, мирового уровня в своих исследованиях и разработках.

Датой основания ВЦ-1 МО СССР надо считать дату подписания приказа МО СССР по в/ч 01168, когда были сформированы три основных отдела и назначен личный состав. С 1-го мая 1954-го года А.И. Китов был назначен и. о. первого руководителя создаваемого ВЦ-1 МО СССР (в/ч 01168). Так говорится в официальном Приказе № 0873 Главного управления кадров Министерства обороны СССР (ГУК МО СССР). Китову тогда было всего тридцать три года, и только за полгода до этого (декабрь 1953-го года) ему было присвоено воинское звание «инженер-подполковник». Конечно, выходу этого приказа предшествовала титаническая работа по его подготовке. Главным двигателем этого организационного процесса был, естественно, А.И. Китов. Проявились его огромные организаторские способности. На начальном этапе своего существования в ВЦ-1 было три научных отдела: отдел эксплуатации ЭВМ «Стрела», отдел эксплуатации ЭВМ «Интеграл», отдел программи-

рования и, так называемое, обслуживающее подразделение.

Как известно, первая серийная советская ЭВМ «Стрела» была выпущена в количестве семи экземпляров. А.И. Китову удалось убедить руководство МО СССР, чтобы именно ВЦ-1 получил одну из этих машин, которая явилась первой ЭВМ, установленной в организациях Министерства обороны. Уже одно это свидетельствует о значимости ВЦ-1 в те годы среди аналогичных организаций. Необходимо было сразу решать огромное число новых организационных проблем по обеспечению эксплуатации ЭВМ, определению научных направлений, организации решения в интересах ВС важнейших практических задач. Одной из основных проблем, которые надо было решить в первую очередь, была задача подбора личного состава ВЦ-1. И здесь главную роль сыграл его фактический основатель А.И. Китов, которому руководством МО СССР было санкционировано отбирать выпускников Академии имени Дзержинского, МЭИ, МГУ, МИФИ и многих других вузов страны. Сегодня видно, какая прозорливость была проявлена А.И. Китовым в подборе кадров ВЦ №1. Многие из отобранных им сотрудников стали в последующем выдающимися представителями советской информатики. И для многих из них именно А.И. Китов был первым учителем и наставником.

Трудно понять, как ему удавалось выкраивать время, но именно А.И. Китов стал автором первых советских монографий и учебников по программированию. Здесь проявилась одна из важнейших черт Анатолия Ивановича – его колоссальная работоспособность. По его книгам выучились первые поколения специалистов не только из СССР, но и ряда зарубежных стран. Ряд его статей и книг был переведен и издан за рубежом, в том числе в США, Великобритании, Японии, Китае. Одной из первых в СССР работ в области использования вычислительной техники является появившаяся в 1953-м году в журнале «Известия артиллерийской Академии имени Дзержинского» статья А.И.Китова «Применение электронных вычислительных машин». В 1955-м году А.И.Китов публикует статью «Техническая кибернетика» во Всесоюзном журнале «Радио». 1958-й год для А.И. Китова отмечен, в частности, публикациями статьи «На специальную научную тему» в «закрытом» журнале «Радиоэлектроника» (№23) и статьи «Математика в военном деле» в журнале «Военная мысль» (№ 6), предназначенном, как указано на его обложке, «Только для генералов, адмиралов и офицеров Советской армии и Военно-Морского Флота».

А.И.Китов постоянно стремился внедрять новые научные направления в практику решения задач управления войсками и моделирования с целью оценки и оптимизации тех или иных боевых ситуаций. Так, в марте 1958 года А.И. Китов в соавторстве с А.С. Таранцовым опубликовали в газете «Красная звезда» статью под названием «Исследование операций». Об этом и других научных инновациях он докладывает на организованной им 1-й научной конференции ВЦ-1 МО СССР (в/ч 01168). Этим вопросам, в частности, посвящены две его «закрытые» статьи (или как тогда писали «Статья на специальную научную тему»), опубликованные в 1959-м году во 2-м номере сборника трудов в/ч 01168. Эти работы имели фундаментальный основополагающий всеохватывающий характер. А.И.Китов никогда «не гнался» за увеличением количества публикаций. Его целью всегда оставались научная новизна, актуальность и всесторонний охват проблемы. В начале 1961-го Китов А. И. в соавторстве со своими друзьями и единомышленниками А.И. Бергом и А.А.Ляпуновым в журнале «Военная мысль» публикует принципиальную статью обобщающего плана «Кибернетика в военном деле».

Огромное значение для компьютерной науки имел созданный А.И.Китовым периодический «Сборник научных трудов в/ч 01168 Министерства обороны», в котором он же был и Главным редактором. Часть выпусков этого, выходившего регулярно, научного издания не имели гриф «Совершенно секретно», и публиковать в нём свои работы считали достойным, помимо учёных-военнослужащих, и представители промышленности, высшей школы, отраслевой науки и Академии наук. Как пишет один из ветеранов ВЦ-1 МО СССР, проработавший в нём с начала июля 1954-го года порядка четверти века, полковник, профессор, д.т.н. Г.А. Миронов «Я недавно просматривал выпуски этого сборника, и возникло желание прореферировать его основные направления. Там так много нового и для наших дней, не говоря уже о прежнем».

В первый период решения практически важных для ВС задач, стали видны недостатки существующих в то время универсальных ЭВМ. Поэтому в начальные годы существования ВЦ-1 МО СССР А.И. Китов, среди других научных направлений работ, создаёт отдельное исследовательское направление «Разработка специализированных ЭВМ». Он становится руководителем создания специализированной машины для обработки радиолокационных данных – знаменитой ЭВМ «М-100». 6-го мая 1959 года Комитет по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР выдал коллективу в составе: Китов А. И. (Научный руководитель разработки), Мыльников М. В., Шувалов А. И., Селезнев О. В. Авторское свидетельство по специальной теме № 19628 с приоритетом от 27-го июня 1958-го года на изобретение нового метода совмещения операций, выполняемых Арифметическим устройством (АУ) ЭВМ.

В последующие годы сфера информатики пережила период бурного развития, в том числе, во многом и благодаря первому письму А.И. Китова руководителю СССР Н.С. Хрущёву. В стране начали появляться крупные промышленные организации, предназначенные для разработки и широкомасштабного создания средств ЭВТ. А.И. Китов чутко уловил наметившиеся в стране тенденции в этой сфере. Ему требовались определённое мужество и сила воли, чтобы постоянно корректировать научно-техническую политику ВЦ №1, закрывая те научные направления, которыми должны были заниматься другие профильно-ориентированные организации СССР. На определенном этапе, в частности, необходимо было прекратить в ВЦ-1 МО СССР разработку средств ВТ. Такие решения всегда являются очень тяжелыми. Затрачены огромные усилия и средства, получены значимые результаты, создан работоспособный коллектив разработчиков и т.д. Однако необходимо было прекращать определённые направления работ для успешного развития новых перспективных исследований.

А.И. Китову удалось создать в ВЦ №1 такой могучий научный коллектив, с которым он мог находить и

создавать новые научные направления. Именно в стенах ВЦ №1 у А.И. Китова родилась революционная для своего времени идея жизненной необходимости создания в Вооружённых силах и в стране, в целом, нового научного направления – разработка и внедрение информационно-поисковых систем (ИПС). Приведём ещё одну цитату из Г.А. Миронова «Характерный пример научного предвидения А.И. Китова – его принципиальная точка зрения на информационные системы, когда он решительно повернул ВЦ-1 МО СССР и всех нас на их разработку. Надо заметить, что поворот к информационной проблематике происходил при довольно сильном сопротивлении разработчиков техники, которым надо было переквалифицироваться. Но так или иначе, усилиями А.И. Китова, в ВЦ-1 МО СССР возникли ещё два новых научных направления: расчетные системы и информационные системы».

Благодаря огромному научному авторитету и обаянию личности Анатолия Ивановича, ему удалось привлечь для сотрудничества в стены ВЦ №1 многих выдающихся представителей АН СССР, таких как Л.И. Гутенмахер, А.А. Ляпунов, Л.А. Люстерник и др. Именно организованный А.И. Китовым союз учёных – военных-практиков и представителей академической науки – стал «питательной средой» для выдающихся достижений ВЦ №1 в период научного руководства им А.И.Китовым в 1954-1960 годах.

К 1960-му году коллектив ВЦ №1, созданный Анатолием Ивановичем, уже был готов начать полномасштабные работы по созданию первой в мире общегосударственной сети ЭВМ для управления вооружёнными силами страны. Осенью 1959-го года в своём 2-м письме в ЦК КПСС А.И.Китов послал разработанный им проект «Красная книга». В своих воспоминаниях, находящихся в Виртуальном компьютерном музее, полковник В.П. Исаев так пишет об этом «...вторая попытка Анатолия Ивановича «достучаться» до «руководящей и направляющей» партии и руководства Министерства обороны СССР оказалась для него роковой. Этой попыткой стало его второе письмо Н.С. Хрущёву, написанное осенью 1959 г. ...Основную часть письма составлял разработанный им проект «О мерах по преодолению отставания в создании, производстве и внедрении ЭВМ в Вооружённые силы и народное хозяйство страны», известный как проект «Красная книга». Это был первый в СССР проект, в котором предлагалось объединить в одну национальную сеть вычислительных центров все имеющиеся в стране ЭВМ для решения народнохозяйственных задач (в мирное время) и оборонных задач (при возникновении военных действий). А.И. Китов называл эту общенациональную сеть ЭВМ сетью вычислительных центров «двойного использования» или «двойного назначения»: военного и народно-хозяйственного». К сожалению, и прежде всего для страны, консервативные силы в руководстве Вооружённых сил СССР, в первую очередь, представители военных партийных органов смогли организовать расправу над выдающимся представителем советской военной науки, ученым мирового уровня, внесшим огромный личный неоценимый вклад в реализацию ракетно-ядерного паритета СССР и США. Перефразируя поэта Булата Окуджаву, можно с полным основанием сказать про А.И.Китова: «Может и не стал ты победителем, Но зато ты жил как Человек».

В качестве заключения хотелось бы в сжатой форме подытожить следующие ключевые вехи:

- в 1952-м году А.И.Китов создал первый в стране отдел вычислительной техники и защитил первую в стране диссертацию по программированию,

- создал первый в стране вычислительный центр (ВЦ-1 МО СССР, 1954) и внедрил первую ЭВМ в структуру Министерства обороны. В 50-е годы ВЦ-1 МО СССР был крупнейшим исследовательским центром страны, в котором рассчитывались орбиты всех первых искусственных спутников Земли и межпланетных космических станций; разрабатывались новые типы специализированных ЭВМ; проводились широкомасштабные работы по математическому моделированию различных боевых ситуаций, проводились расчёты для различных подразделений Минобороны (ГРУ ГШ, Управления тыла, сухопутных войск, Главного артиллерийского управления и прочих); создавались всевозможные программно-технические комплексы, в частности для систем противоракетной обороны, обработки информации, поступающей с радио-локационных станций и т.д.

- А.И.Китов является не только автором первых в стране статей и книг по кибернетике, ЭВМ и программированию, но и автором первых основополагающих публикаций по использованию кибернетики и информатики в военном деле.

- А.И.Китов является создателем ЭВМ «М-100», которая в 1959-1960-й годы была самой мощной в СССР и одной из самых мощных в мире.

- А.И.Китов является основоположником в Вооружённых силах и в стране, в целом, научных направлений Информационно-поисковые системы (ИПС) и Автоматизированные системы управления (АСУ).

Обобщая мнения большого числа офицеров, научных сотрудников, учеников, подчинённых, коллег и соратников, которые знали А.И. Китова по службе, были знакомы с его научными результатами, изучали его статьи, книги, отчёты по НИР и т.д., следует сделать вывод о том, что деятель такого масштаба, как Анатолий Иванович Китов, в военной информатике СССР и РФ больше так и не появился.

Математика, вычислительные машины и приложения: вспоминая Анатолия Петровича Меренкова

Рузайкин Г.И.
Редакция журнала «Мир ПК»
ruza@osp.ru

Mathematics, Computers and Applications: Remembering Anatoly Petrovich Merenkov

Ruzaykin G.
The Editorial Board of the Magazine «PC World»

А.П. Меренков (1936–1997) – чл.-корр. АН СССР (1990), доктор физико-математических наук (1976), профессор (1980). Механик. Специалист в области математического моделирования, оптимизации и системных исследований в энергетике. В Сибирском отделении с 1958 г.: младший научный сотрудник Института математики с Вычислительным центром СО АН СССР, с 1961 г. зав. лаб. Сибирского энергетического института СО АН (Иркутск); нач. лаб. оптимизации газотранспортных систем Всесоюзного научно-исследовательского института газа Мингазпрома (Москва) (с 1982); директор Сибирского энергетического института (с 1988) (ныне Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН). Преподаватель, старший преподаватель, доцент, профессор кафедры методов оптимизации Иркутского государственного университета (1965–1982); зав. кафедрой трубопроводных систем учебно-научно-производственного комплекса Сибирского энергетического и Иркутского политехнического институтов.

Математика и вычислительные машины

Личность члена-корреспондента РАН Анатолия Петровича Меренкова и его творчество интересны для современных исследователей не только с точки зрения становления, но сегодня к ним важно подойти и с позиций восстановления приоритетной роли науки в развитии технико-экономических представлений, касающихся самых различных аспектов с трудом обновляющейся России. Автор настоящей работы был знаком с Анатолием Петровичем еще в студенческую пору. Мы учились на одном потоке курса мехмата МГУ им. М.В. Ломоносова. С первых дней учебы трудно было не обратить внимания на стройного и всегда подтянутого юношу в постоянном окружении одногруппниц. Позже я узнал, что он бывший суворовец и староста группы. Наши пути вглубь математики шли на разных кафедрах: у него на вычислительной, а у меня на кафедре теории вероятностей и математической статистики. К концу обучения в университете на факультете появилась ЭЦВМ «Стрела», на которой Толя в течение дипломного года поработал лаборантом, получив опыт погружения в программирование и тесного знакомства с цифровой ЭВМ.

Очень важным обстоятельством в жизни А.П. Меренкова стал набор сотрудников в Новосибирский Академгородок. Он попал в число, если не ошибаюсь, двух десятков выпускников курса, распределенных в СО АН. Работа в Сибири для А.П. Меренкова началась с сотрудничества с А.П. Ершовым в отделе программирования Института математики с Вычислительным центром СО АН СССР. В Электронном архиве академика А.П. Ершова этот начальный период отражен в переписке между ними. Речь идет о пребывании А.П. Меренкова в Ереване, где он участвовал в освоении ЭЦВМ «Раздан» и ускорении ее получения для СО АН. Из переписки видно, сколь цельным был этот человек, в нем соединились хорошая профессиональная подготовка, вдумчивое отношение к порученной работе и умение ее организовывать. Об этом весьма красноречиво говорят подробные отчеты в его письмах, включающих анализ ситуации и даже «политическую» оценку последней. Это касалось собираемого экземпляра ЭЦВМ «Раздан» и проектируемой машины «Арагац». В течение первых трех лет пребывания в Сибири Анатолий Петрович приобрел заметный научно-организационный вес, позволивший ему едва ли не самому первому из однокурсников стать заведующим лабораторией в академическом институте. Так, в начале 1961 года в порядке перевода он становится заведующим лабораторией прикладной математики и кибернетики СЭИ.

Приложения

Совершив важный для дальнейшего изложения исторический экскурс. Пока Анатолий Петрович проходил курс наук, ЭВМ завершали свой первый этап развития, они имели ламповую аппаратную платформу, небольшую оперативную память и невысокое быстродействие. Это позволяло Ричарду Фейнману выигрывать пари на скорость решения дифференциальных уравнений у вычислителей, вооруженных тогдашними ЭВМ. Вычислительные методы и редкие программируемые вычислительные машины были доступны в основном для решения уникальных задач, связанных с оборонными потребностями по обе стороны океана. Хотя это и породило вычислительную математику, как утверждает профессор В.М. Тихомиров, само название предложил известный математик Лазарь Аронович Люстерник. Основные достижения этой науки были главным образом связаны с

реализацией численных методов решения различных дифференциальных уравнений на ЭВМ.

Начало 60-х годов прошлого века ознаменовалось не только переходом на ЭВМ второго поколения на полупроводниковой аппаратной платформе, но и к большему их распространению (увеличился парк доступных машин) Это позволило перейти к решению на них более широкого класса задач, в котором уже рассматривались разнообразные приложения. В частности широкое распространение получили различные технико-экономические задачи и не только оборонного характера. Так вычислительная математика стала прикладной.

В это время Анатолий Петрович, как математик и программист, обратил внимание на широкие возможности использования методов линейного программирования в прикладных задачах. Поэтому появление работы «Программа решения общей задачи линейного программирования модифицированным симплекс-методом» в «Сборнике программ для БЭСМ-2М», опубликованной в ВИНТИ АН СССР 1964 г., стало важным этапом в развитии направления, захватившего его на всю оставшуюся жизнь. А именно разработка методологии решения задач, связанных с проектированием крупных трубопроводных транспортных сетей (гидравлических, газовых, нефтяных и энергетических). Осознав сложность модельного представления подобных объектов, Анатолий Петрович стал развивать методы моделирования транспортных сетей, что по мере возрастания сложности таких реальных сетей становилось основным способом их исследования, проектирования и даже проработки стратегических планов развития соответствующих отраслей экономики страны. Одна из первых опубликованных в журнале «Теплоэнергетика» еще в 1962г. работ А.П. Меренкова была связана с определением оптимальной структуры перспективного баланса с использованием ЭВМ, в которой он участвовал наряду с такими известными специалистами, как энергетик Л.А. Мелентьев и экономист А.С. Некрасов.

Типичной для того времени развития прикладной математики стала тенденция предвосхищать решение реальной задачи ее постановкой и математической моделью. Тщательность проработки позволяла либо найти приемлемое решение задачи, либо провести моделирование (целенаправленный цикл решений для огрубленной модели), которое приводило к допустимому решению реальной задачи. В первой половине 60-х годов Анатолий Петрович вместе со своим учителем В.Я. Хасилевым начинает заниматься моделированием построения тепловых сетей. Ими развивается комплексная модель различных сетей, на базе которой создается методология оптимизационного моделирования разветвленных тепловых сетей с использованием ЭВМ. В 1963 г. Анатолий Петрович защитил диссертацию «Методы комплексной оптимизации разветвленных тепловых сетей с применением ЭВМ» на ученую степень кандидата технических наук. Любопытно заметить, что в дипломе о присвоении ученой степени не была указана специальность, потому что в ВАК к тому времени ее не «придумали».

Настоящая заметка имеет значение для автора, кроме прочего, еще и потому, что позволяет поделиться личными впечатлениями, связанными с ролью и значением работ, выполненных Анатолием Петровичем до 1970 г. Но прежде следует обратить внимание на опубликованные им тогда труды. Дадим их краткую характеристику, а более полные сведения можно найти в книге, изданной в Иркутске¹. Модели трубопроводных систем в работах Анатолия Петровича рассматривались с линейными функционалами с ограничениями и использовались в случаях оптимизации отдельных параметров разветвленных сетей (напоров, диаметров и нескольких источников подачи тепла), а также с учетом динамики развития или реконструкции, например, для газопроводных сетей. В последнем случае расчеты проводились с использованием метода динамического программирования. Также предметом исследования были общие модели сетей с целью оптимизации их структур, в частности, задаваемых на кольцевых графах. Им предлагалась методика выбора параметров промышленных тепловых сетей. Вместе с соавторами Анатолий Петрович получил авторское свидетельство на изобретение способа определения расходов и гидравлических сопротивлений в трубопроводных сетях и других гидравлических системах. Следует сказать, что в то время большое внимание он уделял проблемам оптимизации гидравлических сетей.

Так как автор данной статьи в эти годы работал в крупном проектном институте «Гипроводхоз», являвшимся головной организацией по выполнению крупных мелиоративных проектов в стране и за рубежом, то проблемы оптимальных проектных решений крайне интересовали его сотрудников. Контакт с Анатолием Петровичем был крайне важен, мы поддерживали связь и как однокурсники, и как участники научных мероприятий (конференций и семинаров). Таким образом, работы Анатолия Петровича оказывали на нас методическое влияние. Различие в аппаратно-платформном оснащении наших организаций не позволяло непосредственно использовать наработки СЭИ, но модельные представления и методы их анализа мы использовали не без успеха. Так, для больших водоводов в проектах обводнения пастбищ в Казахской ССР были использованы модели сетей, позволивших рассчитать оптимальные трассы водоводов по их длине, а также гидравлические характеристики, что позволило дать хорошо обоснованную стоимость проектных решений. Помимо выполнения оптимальных проектных расчетов институтскому вычислительному подразделению удалось получить методическую помощь в обосновании потребных средств для приобретения необходимой вычислительной техники. Это оказалось возможно благодаря детальному знанию алгоритмов, на которых базировались расчетные методики. Полезными оказались оптимизационные методы, лежащие в основе динамического программирования, которые широко использовались при расчете мелиоративных каналов, проектировавшихся для открытых оросительных систем.

Другое направление, также успешно развиваемое Анатолием Петровичем на основе линейных оптимизационных моделей, относилось к оптимизации технико-экономических проектных решений. Например, оптимальной рассортировки топлива на энергетических объектах, сокращенные модели для планирования в топлив-

¹ Анатолий Петрович Меренков: Научное наследие. Воспоминания близких. Документы. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2006. 654 с.

но-энергетических хозяйствах. Это были полезные работы, потому что позволяли рассматривать сходные модели в других отраслях. Так, в мелиоративном строительстве можно было рассматривать планирование работ соответствующих строительных организаций и даже строить модели перспективного развития мелиоративного строительства в регионах и стране в целом.

Быстрое развитие производства вычислительных машин заострило проблему переноса уже имеющегося ПО на новые конфигурации, поэтому и Анатолий Петрович вынужден был уделять внимание этой проблеме, например, им была перенесена программа для модифицированного симплекс-метода на новую ЭВМ БЭСМ-4. Можно утверждать, что по мере совершенствования вычислительной техники Анатолий Петрович активно поддерживал переход с использования ЭВМ для решения отдельных расчетных задач, т.е. от приложений на рабочем месте пользователя, к созданию программных комплексов, поддерживающих получение оптимальных решений, уже состоящих из множества приложений.

Провозвестник будущего мира ИТ

Завершая краткие воспоминания об Анатолии Петровиче, необходимо отметить, что его почти полувековой вклад в развитии методологии моделирования в отраслевом комплексе Сибирского энергетического института СО АН СССР и ВНИИГАЗ до сих пор отвечает самым передовым представлениям о решении задач отрасли. Они опирались на математические модели и методы и использование вычислительных машин. В силу хорошего уровня формализации моделей, охватывающих широкий круг реальных систем, системная реализация их оптимизации хорошо вписывалась в ИТ-поддержку при решении не только задач проектирования, обеспечивающего их функционирование, но и позволяла создавать на их базе АСУ, обеспечивающие их эффективную эксплуатацию. В последние годы жизни, возглавляя СЭИ СО РАН, А. П. Меренков уделял внимание моделированию трубопроводных систем, учитывающих термодинамические факторы, рассматривал энергетическое развитие регионов и страны в целом в новых экономических условиях. Не оставил он без внимания и аналитическую работу по рассмотрению роли трубопроводных систем в международной торговле энергоносителями.

Истоки алгоритмического языка АЛГЭМ и его место в творчестве А.И. Китова

Сибиряков П.Г.

Всесоюзный научно-исследовательский институт системных исследований АН СССР
pasibir@yandex.ru

Origins of ALGEM Algorithmic Language and its Role in A. Kitov's Works

Sibiryakov P.

All-Union Scientific Research Institute System Studies

Язык автоматизации программирования экономических, математических, информационно-логических и управленческих (в широком смысле, то есть включая задачи управления технической системой в реальном времени) задач назван его автором Анатолием Ивановичем Китовым АЛГЭМом. В этой аббревиатуре он и вошел в свою гражданскую, не военную, жизнь для программирования задач на ЭВМ, обеспечивающих функционирование советской экономики и процессов управления разного уровня. В докладе рассматривается структура языка АЛГЭМ, исследуются его истоки и те аспекты программирования, которые явно не вытекают из официального названия этого алгоритмического языка программирования. Дело в том, что АЛГЭМ создан на основе синтеза отдельных частей четырех алгоритмических языков – АЛГОЛа, собственных элементов АЛГЭМа, языка спискового программирования ЛИСП, расширенного элементами ассоциативного программирования, и некоторых элементов языка Кобол, применявшегося в США для программирования задач экономики. А в практике его создателя А.И.Китова был нарабатан огромный материал по программированию задач для управляющих комплексов военного назначения, обеспечивающих функционирование системы ПВО страны. Этот материал, в частности, составил значительный объем его докторской диссертации.

* * *

Обычно процесс творчества начинается с интуитивного формирования контекста - содержательного окружения будущего творения. В случае создания языка АЛГЭМ таким контекстом была наука кибернетика, созданная трудами зарубежных и отечественных ученых и инженеров – создателей вычислительной техники, программного обеспечения и технологических средств его производства, таких как языки программирования, трансляторы, интерпретаторы, эмулирующие программы и многие другие средства поддержки процессов программирования. В этот контекст входили выдающиеся языки программирования на заре вычислительной техники, такие как АЛГОЛ, ФОРТРАН, КОБОЛ, их модификации, а также - методология ассоциативного программирования и язык ЛИСП.

Важной была целевая функция – создать языковой инструмент для программ, которые необходимы в кибернетике управления, и, самое трудоемкое – включая средства записи программ обработки больших (супер больших по тем временам) информационных массивов самой разнообразной структуры.

Материал, конкретизирующий эти требования к будущему творению, был взят А.И.Китовым из опыта создания больших комплексов управления реальным временем для ПВО страны. Книга «Программирование информационно-логических задач» издана в 1967 году. А для этого проработка темы, которой посвящена монография, должна была начаться, как минимум, на 4-5 лет раньше. Следующая книга А.И.Китова называется «Программирование экономических и управленческих задач», и она издается в 1971 году. В эти же годы разрабатывается транслятор программ, записанных на языке АЛГЭМ в машинный код на ЭВМ серии Минск. Последняя книга ориентирована не только на задачи экономики, но и на задачи управления в автоматизированных системах. Слова «автоматизированные системы» означают, что в контур управления включен человек, что свойственно военным системам реального времени, в том числе и системам ПВО.

Обратимся к годам научного творчества А.И.Китова (начало 1960-х), которые связаны с НИИ-5 МО СССР (впоследствии МНИИПА Министерства радиопромышленности). В эти годы А.И.Китов руководил большим коллективом программистов, создававших большой программный комплекс для боевой ЭВМ реального времени.

Работы А.И.Китова и большой группы его аспирантов по созданию алгоритмического языка АЛГЭМ, предназначенного для программирования экономических и математических задач, и отраслевой АСУ для машиностроительных министерств имеют глубокие корни именно в ранних его работах, в практике создания программного комплекса для управления ПВО Москвы и ПВО страны.

Дефицит оперативной памяти ЭВМ существенно ограничивал возможности разработчиков боевых алгоритмов. Поэтому применялась плотная упаковка величин – констант, логических и числовых переменных в ячейки памяти ЭВМ. АЛГЭМ и имел развитые специальные средства для детальной работы с величинами, плотно упакованными в ячейках оперативной памяти вычислительной машины. Содержание докторской диссертации А.И.Китова «Применение ЭВМ для решения задач противовоздушной обороны» проясняет истоки происхождения языка АЛГЭМ.

В 1959 г. Китовым, во главе большой группы военных инженеров-электронщиков, аналитиков, программистов и других специалистов была разработана ЭВМ «М-100». А.И.Китов – Главный конструктор этой ЭВМ,

которая была описана в одной из глав его докторской диссертации. В ее основе лежит изобретенный им метод четырехкратного совмещения операций с целью получения быстрого действия, необходимого для работы системы реального времени – обработки информации, получаемой с радио-локационных станций для оперативного наведения ракет «Земля-воздух» в системе ПВО страны.

Проекты и научные публикации А.И. Китова по военной кибернетике были положены в основу создания языка автоматизации программирования АЛГЭМ. И первая глава его книги по АЛГЭМу «Программирование информационно-логических задач» посвящена кибернетике.

* * *

По замыслу его создателя АЛГЭМ – процедурно ориентированный язык программирования. Представляется естественным, что системной рамкой для него был выбран широко используемый в Европе и в нашей стране классический язык программирования АЛГОЛ-60. Новым здесь является его расширение в АЛГЭМе, ориентированное на запись программ обработки экономической информации и ассоциативное или списковое программирование. Структурно символическая запись программы остается ровно такой же, как в АЛГОЛе: описания, за которыми идут операторы и выражения в порядке исполнения их машиной. Свойством описания является их локализация в блоке – ровно как в АЛГОЛе. Новое – операторные скобки, обозначаемые русскими словами:

- начало
- конец

Новое также заключается в механизмах вложенности. Блоки и новые для языка составные операторы могут быть вложенными как в блоки, так и в составные операторы неограниченно. Но, как и в АЛГОЛе, обращения могут быть только в начале блока. Как и в АЛГОЛе, операторы АЛГЭМа программируются для исполнения в порядке записи, а в отношении меток действует правило АЛГОЛа – переходы совершаются только на метки внутри блоков.

Для записи экономических и управленческих программ в АЛГЭМ добавлены:

- **строчные переменные;**
- **указатели вида** переменных и их **размещения** в разрядах машинного слова;
- **составные переменные;**
- **составные массивы** данных.

Эти средства ориентируют АЛГЭМ на специфику экономических задач, задач управления организациями любого уровня, они же свойственны системам управления реального времени, в частности, системам ПВО.

В АЛГОЛе нет средств реализации процедур-кодов, а строки служат лишь для записи имен (объектов, персон и т.п.). В АЛГЭМе значениями строчных переменных могут быть опять же строки; в числовых переменных – числа как в АЛГОЛе, в логических переменных – логические значения. Таким образом к двум типам переменных

- целый
- вещественный

в АЛГЭМе добавлены еще два типа:

- логический
- строчный

И, наконец, с добавлением строчных выражений АЛГЭМ обретает четыре типа выражений:

- арифметические
- логические
- именующие
- строчные

Последний тип выражения должен содержать описание вида и указание размещения содержимого в разрядах машинного слова, что опять-таки идет от программирования задач ПВО с его особенностью – требованием плотной упаковки величин в ячейках машинной памяти. Числовые и вещественные величины (переменные) могут быть расписаны по разрядам машинного слова вплоть до указания знака (+ или -) числа. При этом составные переменные указателя вид не имеют.

В АЛГЭМе предусмотрена возможность использования составных переменных и массивов составных переменных. «Составность» - это включенность в массив данных других переменных и массивов. Очевидный всем пример: *день, месяц, год*, объединённые в составную переменную *дата*.

Составные переменные описываются в том блоке программы, в котором они применяются.

К алгольным символам в АЛГЭМе добавлены описатели

- оставной
- уровень
- строчный
- вид

Указанные отличия языков определяются предназначением **практически ориентированного языка АЛГЭМ** от академичного АЛГОЛа.

* * *

Наличие в языке АЛГЭМ средств ассоциативного программирования составляет следующий по важности блок отличий его от языка АЛГОЛ. Операторы ассоциативного программирования обеспечивают возможность динамического распределения памяти при программировании информационно-логических задач, использующих категоризацию объектов, описываемых совокупностями однородных или разнородных признаков, по значениям которых осуществляется поиск и обработка информации об объектах.

Круг таких задач широк – планирование, учет, кадры, все виды диагностики и т.п. При этом категориальные данные должны быть снабжены адресами связи в разнообразных списковых структурах, что и делается в процессе трансляции программ в машинные коды. Эти связи могут быть реализованы аппаратно, и тогда поиск называют *схемно-ассоциативным*. При обеспечении связей программными способами возникает так называемое *ассоциативное программирование*. Смысл его в том, что память распределяется автоматически при обработке информационных массивов.

В АЛГЭМ вошли все лучшие средства языка спискового программирования ЛИСП и сделаны его существенные расширения добавлением новых списковых структур и операторов их обработки. Операторы ЛИСПа обеспечивали обработку двух соседних членов линейных и цепных списков. А.И.Китов ввел обобщенные списковые структуры – узловые и гнездовые списки, члены которых могли обрабатываться операторами АЛГОЛа и КОБОЛа.

Для построения списков был использован широкий спектр способов адресации:

- **прямая**
- **относительная плавающая**
- **относительная индексная**
- **непрямая**

Их смысл следует из их названий.

В списковых структурах первоначально были использованы два типа построения списковых структур:

- **объектные** – однородные объекты группируются относительно опорного объекта,
- **признаковые, для которых** распределение объектов ведется по принадлежности к категориям.

Организация поиска в списковых структурах основывается на поисковых деревьях – это **структурный поиск**. Применение различных способов вычисления адресов размещения объектов образует так называемый **вычислительный поиск**.

В АЛГЭМе имеются средства организации многосписковых ассоциативных структур.

* * *

Такое многоаспектное творческое произведение, как язык автоматизации программирования АЛГЭМ, затруднительно охватить докладом, ограниченным временными рамками. Следует обратить внимание не только на высшее качество языка, но и на форму его представления. Все вышедшие в нашей стране издания его описания выдержаны в стиле хорошего русского языка и в содержательном изложении, дополняемом синтаксическими формулами. Это говорит о большом внимании автора к своим пользователям. Такое внимание всегда отличало А.И.Китова и его знаменитые в стране и в мире книги первопроходца в кибернетике, технике ЭВМ, программировании и языках автоматического программирования, включая методы трансляции. Как Человек чрезвычайно организованный и широко мыслящий, он обладал глубоким эстетическим чувством. Об эстетике программирования говорили многие выдающиеся ученые – Джон Карр, Дональд Кнут, Эдсгер Дейкстра, Николаус Вирт и другие. Но Анатолий Иванович Китов один из немногих, кто создал действительно прекрасные произведения во всех основных сферах информатики – в сфере ЭВМ, в программировании, в языках программирования и в практике создания трансляторов с языков программирования. Мы жили рядом с великим человеком нашего времени, не сознавая этого.

Начало истории АСУ – А.И. Китов и автоматизация управления экономикой страны

Сибиряков П.Г.¹, Китов В.А.², Колин К.К.³

¹ Всесоюзный научно-исследовательский институт системных исследований АН СССР
pasibir@yandex.ru

² Институт истории естествознания и техники им. С.И.Вавилова РАН
vladimir.kitov@mail.ru

³ Институт проблем информатики РАН
kolinkk@mail.ru

The Role of A.I. Kitov in Early Development of Automatic Control Systems

Sibiryakov P.¹, Kitov V.², Kolin K.³

¹ Scientific Research Institute of System Studies RAS

² S. Vavilov Institute of History of Natural Science and Technology RAS

³ Institute for Informatics Problems RAS

В наше время – первое десятилетие 21-го века в сфере автоматизации процессов управления разного уровня мы имеем такие возможности, которые не были доступны энтузиастам создания таких средств и даже мыслимы ими в 1950 – 60-е годы. Современные АСУ, называемые корпоративными, интегральными и проч. терминами, указывающими на их специализацию, отличаются большим разнообразием и наличием средств их адаптации к некоторому, часто, широкому спектру применений. Такие возможности определяются современными технологиями создания так называемых программных оболочек или платформ. Выдающиеся кибернетики в нашей стране мечтали преобразовать сложившуюся систему социальных отношений с помощью систем автоматизации управления и не принимали идей роста АСУ «снизу» - доктрину, которой руководствовались США в этом вопросе. Наши кибернетики считали, что такой подход будет консервировать советскую хозяйственную систему.

«Сегодня заказчикам современных систем, решающих задачи АСУ, предлагаются комплексы управления, которые не сопровождаются достаточными количественными оценками, позволяющими организовать их эффективную эксплуатацию. Это связано с рыночной стратегией производителей – продать потенциальную возможность, а не реализацию продукта или технологии. В этом смысле первые АСУ были более, как сейчас говорят, ориентированы на конкретную прикладную область. Также немаловажную роль для современных систем играет способ ведения бизнеса по типу «лего», когда реализуемая система собирается из фрагментов, которые нигде еще не были собраны целиком, что часто приводит к неоправданным затратам.

Сегодня, в условиях повышения требований к бизнесу и ИТ, весьма полезно пересмотреть отношение к отечественной истории АСУ. Полагаю, что ИТ-сообщество стоит на пороге возврата к парадигме вычислительного процесса как основы эффективного управления. В любом случае в истории АСУ имеется еще достаточно много полезного и, главное, проверенного на опыте, что могло бы оказать помощь при развертывании современных систем управления»¹.

Предыстория АСУ: От машиносчетных бюро до частичной автоматизации управления экономикой страны в 1930–1960-е годы

Сбор информации, ее сохранение и обновление всегда были необходимы для управления хозяйственной, или шире – экономической деятельностью. В тридцатых и сороковых годах обработка собранной информации была прерогативой человека – тех людей, которые вырабатывали и принимали управленческие решения. Эффективность управления в те времена определялась, главным образом, талантом и компетентностью руководителя, т.е. лица, принимающего решения. В этом процессе использовались машиносчетные устройства, в большом количестве выпускавшиеся промышленностью: арифмометры и счетные механические машины. Потребность в счете на всех уровнях народного хозяйства страны в предвоенные годы привела к созданию целой машиностроительной отрасли по выпуску уже более совершенной клавишной и перфорационной вычислительной техники на все той же механической основе. Эти устройства поступали на крупные предприятия в создаваемые машиносчетные бюро. Можно сказать, что эти машиносчетные установки по отдельности и в составе машиносчетных бюро обслуживали всю экономику нашей страны.

С появлением электронных вычислительных машин звезда машиносчетной техники начала угасать. ЭВМ считали быстрее, их становилось все больше, но самое главное в том, что они были способны не только собирать и сохранять экономическую информацию, но более эффективно обновлять ее и обрабатывать. Конечно, не все функции принятия решений перешли к ЭВМ, но большинство рутинных, «мелких» и «проходных» решений

¹ Рузайкин Г., Исаев В. От атома до космоса: 50 лет АСУ. «Открытые системы», № 05, 2009.
См. также: <http://www.osp.ru/os/2009/05/9883736/>

все же были отданы автоматике. Для выпуска ЭВМ было создано много заводов - в Москве, Киеве, Пензе, Ереване, Минске, Орле. С течением времени все больше заводов и опытно-конструкторских производств при НИИ различной отраслевой принадлежности занимались созданием единичных и серийных ЭВМ.

Со стороны государства предприняты были широкомасштабные действия по подготовке кадров для обработки экономической информации. История АСУ в нашей стране начинается в 60-е годы, когда в Госплане и ЦСУ, во всех отраслевых промышленных министерствах стали создаваться отделы по управлению развитием и внедрением ВТ в соответствующих отраслях народного хозяйства. В научных учреждениях это развитие отождествлялось созданием вычислительных центров, среди которых первыми были ВЦ АН СССР и ВЦ МГУ. В конце 60-х даже стали создавать информационно-вычислительный центр ЦК КПСС во вновь выстроенном здании в комплексе домов, что на Старой Площади.

Этот период, 1960-е годы, характеризуется не полной автоматизацией экономического управления разных уровней, а лишь частичной, и все же с исторической точки зрения 60-е годы принято считать началом истории АСУ.

Это мнение возникло вследствие того, что военные разработки АСУ и средств управления оружием и в эти годы и в последующие два десятилетия были недоступны исследователям по причине строжайшей секретности. На самом деле историю АСУ надо начинать с военных разработок средств управления реальным временем на основе специализированных ЭВМ почти с начала 50-х годов.

История военных АСУ в 1950–1960-е годы

Предпосылками широко развернутого движения по созданию АСУ в нашей стране были два фактора – опыт разработки АСУ военного назначения и подвижническая деятельность А.И. Китова, который первым в стране увидел необходимость и возможность создания АСУ для управления всеми звеньями народного хозяйства страны.

Надо сказать, что во многих военных и невоенных институтах в обстановке строжайшей секретности велись многочисленные разработки средств управления вооружениями на основе ЭВМ. Критериями оценки качества созданных средств являются год создания – наличная элементная база, быстродействие, архитектурные решения и комплекс программ, ориентированных на специальные задачи по назначению того или иного средства управления вооружениями. В частности, еще с 1953 года в ИТМиВТ началась разработка специальных ЭВМ для ПВО, хотя элементная база по своим тактико-техническим данным была еще недостаточна. И только в разработках ВЦ-1 МО, руководимых А.И. Китовым она достигла необходимых значений по всем параметрам, включая и надежность.

Как пишет ведущий специалист по военным АСУ Владимир Исаев, в нашей стране в этот период «были созданы многочисленные специализированные ЭВМ, вычислительные комплексы и автоматизированные системы для противоракетной и противокосмической обороны, а также АСУ Верховного командования, Генштаба, РВСН, управления силами ВМФ, авиации, в том числе и система раннего предупреждения о ракетном нападении».

Борьба А.И. Китова за создание АСУ и их распространение в 60-е –т 80-е годы

Уже в 1955 году в статье «Основные черты кибернетики», написанной А.И. Китовым и опубликованной в соавторстве с С.Л.Соболевым и А.А.Ляпуновым, поддержавшими своим авторитетом смелое его начинание, были показаны возможности применения ЭВМ и методов кибернетики в сфере автоматизации управления хозяйством страны.

Президент АН СССР Гурий Иванович Марчук об этой статье писал: «В 1955 году в журнале «Вопросы философии» №4 появилась первая в СССР статья по кибернетике С.Л.Соболева, А.И. Китова и А.А.Ляпунова, открывшая развернувшуюся в нашей стране дискуссию, в которой авторы глубоко и содержательно сформулировали значение кибернетики, которая в те времена подвергалась ошеломляющим нападкам научных кругов. В статье авторы рассмотрели значение кибернетики как нарождавшейся теории информатики, теории электронных счётных машин и теории систем автоматического управления. Эта статья имела огромное значение для понимания новой области знаний и осуществила перелом в сознании людей, которые получили твёрдую основу новой нарождавшейся науки». В феврале 1956 г. сборнике статей «Радиотехника и электроника и их техническое применение» А.И. Китовым впервые в СССР поставлен вопрос о необходимости использования ЭВМ для автоматизации управления производством и решения задач экономики.

Вышедшая в первой половине 1956-го года книга А.И. Китова «Электронные цифровые машины» явилась первой в стране отечественной книгой по ЭВМ и программированию. Она, по словам академика Г.И. Марчука, явилась первым, в СССР, систематическим пособием для тех, кто осваивал ЭВМ: «Эта книга фактически сделала переворот в сознании многих исследователей... Многие учёные и их сотрудники получили из книги прекрасную информацию о структуре ЭВМ и их исключительных возможностях в применении. Мы должны быть благодарны А.И. Китову за смелое обобщение многочисленных результатов и систематическое их изложение». В этой книге имеется раздел «Неарифметическое применение ЭВМ», в котором описываются возможности применения ЭВМ для автоматизации управления производством и решения задач экономики.

Известно, что идею применения ЭВМ для экономических расчетов, включая расчеты межотраслевых балансов, ценообразования и т.п. предложил в проблемной записке руководству страны известный ученый И.С.

Брук в 1958 году. И в том же году А.И. Китов в брошюре «Электронные вычислительные машины» предложил программу создания сети вычислительных центров для обеспечения автоматизации обработки информации и административного управления во всех звеньях народного хозяйства страны сверху донизу: «Вычислительные центры должны быть связаны в Единую систему автоматической информационной и вычислительной службы, которая будет обеспечивать нужды всех учреждений и организаций в необходимой научной, технической, экономической и другой информации». И далее: «Наличие единой сети информационных и вычислительных машин позволит... использовать результаты обработки для планирования и руководства хозяйством»².

В письме Н.С.Хрущеву от 7 января 1959 года Китов писал - страна теряет «огромные суммы» из-за недостатков аппарата управления. Это «требует коренного изменения и усовершенствования методов и средств управления путем перехода от ручных и личных форм управления к автоматизированным системам, основанным на использовании электронных вычислительных машин». Единая сеть вычислительных машин позволит оперативно собирать и обрабатывать статистические данные о состоянии отдельных предприятий, наличии материалов, денежных средств, рабочей силы и т.д. По мысли Китова, необходимо было сначала установить ЭВМ в отдельных правительственных ведомствах и на крупных предприятиях, а затем – «объединить их в крупные комплексы», создав, в конечном итоге, «единую автоматизированную систему управления для народного хозяйства всей страны». Он считал, что эти меры приведут к существенному сокращению административного и управленческого персонала и к ликвидации ряда правительственных учреждений.

На этом письме наложена резолюция Л.И. Брежнева, работавшего тогда секретарём ЦК КПСС, по которой была создана специальная комиссия под председательством академика А.И. Берга. Комиссия поддержала все предложения А.И. Китова и выработала подробный доклад. По этому докладу появились постановления ЦК КПСС и СМ СССР о существенном увеличении производства и использования ЭВМ в народном хозяйстве страны, что явилось результатом инициативы А.И. Китова – его письма в ЦК КПСС. Осенью 1959-го года А.И.Китов посылает на имя Н.С.Хрущёва второе письмо с грифом «Совершенно секретно», содержащее проект автоматизации управления вооружёнными силами и народным хозяйством СССР с помощью национальной сети вычислительных центров двойного назначения. Предлагалось средства вычислительной техники сосредоточить в единой государственной сети вычислительных центров военного подчинения. Мощности этих центров должны быть рассчитаны на пиковые нагрузки решения военных задач ПРО, ПВО, РВ, управления войсками и др. В мирное время эти центры должны решать задачи для центральных органов и предприятий и учреждений. Для обеспечения чёткости и надёжности работы этих центров они должны обслуживаться военными специалистами. Эти центры необходимо располагать в укрытиях с исключительно дистанционным доступом и телеобработкой данных по закрытым каналам. Проект А.И.Китова был рассмотрен специальной комиссией Министерства обороны СССР под председательством Маршала Советского Союза К.К.Рокоссовского. Комиссия подошла проекту с узковедомственных позиций и не поддержала идею создания вычислительных центров двойного назначения. Комиссия почитала, что Министерство обороны должно иметь собственную сеть ВЦ.

В ноябре 1959-го года на секции кибернетики Всесоюзного совещания по вычислительной математике и вычислительной технике А.И. Китов прочитал доклад «О возможностях автоматизации управления народным хозяйством», подготовленный в соавторстве с Бергом и Ляпуновым. Этот доклад был опубликован в сборнике «Проблемы кибернетики» (Выпуск 6, 1961 год). Текст доклада был подготовлен на основе письма А.И. Китова в ЦК КПСС от 7-го января 1959-го года, одобренного правительственной комиссией под председательством Берга. В этом докладе показана необходимость автоматизации управления народным хозяйством и применения научных методов организации управления на базе ЭВМ. Рассмотрены первоочередные области автоматизации в народном хозяйстве:

- Народнохозяйственный учёт и статистика.
- Государственное планирование.
- Материально-техническое снабжение.
- Финансово-банковская система.
- Система управления транспортом.

В докладе утверждалось, что «сразу же должна создаваться по определённому плану и единая государственная сеть информационно-вычислительных центров с единым централизованным управлением. Эти ИВЦ должны создаваться для комплексного обслуживания нужд совнархозов, контор и отделений Госбанка, органов ЦСУ и Госпланов. На эти вычислительные центры следует возложить также выполнение следующих функций:

а) выполнение трудоёмких расчётов для учреждений, не имеющих своих вычислительных машин (в семидесятые годы, так называемые ВЦКП – вычислительные центры коллективного пользования), а также руководство и оказание помощи в эксплуатации ЭВМ в местных учреждениях;

б) внедрение научных методов и форм организации управления и средств автоматизации на предприятиях и учреждениях данного района, для чего в составе ИВЦ должны быть местные группы по исследованию операций и анализу работы учреждений.

В дальнейшем отдельные ИВЦ должны быть связаны в единую систему автоматической информационной и вычислительной службы, которая будет обеспечивать нужды всех учреждений и организаций в обработке

² Китов А.И. Электронные вычислительные машины. М.: Знание, 1958. С. 24–25.

экономической информации и выполнения вычислительных работ».

В июне 1960-го года А.И.Китовым в соавторстве с А.И.Бергом и А.А.Ляпуновым была подготовлена статья «Радиоэлектронику – на службу управления народным хозяйством». В этой статье, написанной на основе письма А.И. Китова в ЦК КПСС от 7 января 1959 и по итогам работы правительственной комиссии под председательством А.И.Берга, показывалась необходимость и возможность организации комплексной системы управления народным хозяйством страны на основе использования ЭВМ. Рассматривались области и первоочередные задачи применения ЭВМ и научных методов управления в народном хозяйстве и пути создания единой государственной сети ВЦ.

Далее. В газете «ИЗВЕСТИЯ» от 12 июня 1960 года опубликована статья А.И. Китова под названием «Вычислительная техника – помощник в каждом деле». В ней были описаны возможности ЭВМ и пути их использования. Вот некоторые тезисы из этой статьи:

- «Комплексно автоматизировать управленческий труд на предприятиях и высших звеньях управления»
- «Вычислительные устройства, как средства механизации и автоматизации умственного труда людей – это основа общего научно-технического прогресса»
- «Особо важно подготовить и осуществить массовое внедрение этих машин во все области науки, техники, экономики, в сферу управления»
- «Первоочередной задачей должно стать улучшение координации разработки и производства электронных вычислительных машин».

В статье рассматривались вопросы унификации ЭВМ, организации процесса программирования решаемых задач, подготовки кадров, создания сети крупных ИВЦ, централизованного руководства их работой.

В августе 1961-го года, в № 4 в «Экономической газете» А.И. Китов публикует статью «Кибернетика в управлении хозяйством». В этой статье обоснована «жизненно-важная необходимость коренного изменения и усовершенствования методов и средств управления во всех звеньях путём перехода от ручных форм управления к автоматизированным системам, основанным на использовании научных методов и электронной техники». В ней также рассматривается сущность оптимального управления, применение математических методов и моделей в планировании, необходимость и возможность создания единой автоматизированной системы управления в стране. «Техникой коммунизма» названа в статье единая государственная территориальная сеть информационно-вычислительных центров с централизованным управлением.

В 1961 году в первом номере сборника статей «Кибернетика на службу коммунизма» выходит статья А.И. Китова «Кибернетика и управление народным хозяйством», которая явилась одной из главных публикаций А.И. Китова по обоснованию автоматизации управления народным хозяйством, о единой государственной сети вычислительных центров. В статье говорится «Возникает жизненно важный вопрос: как практически обеспечить рациональное использование сил и средств, чёткую согласованную работу огромного числа предприятий в условиях, когда всё более возрастают темпы и масштабы производства?». И делается вывод, что непрерывное развитие производственных сил, сложность и взаимозависимость различных отраслей хозяйства объективно требуют коренного изменения и усовершенствования методов и средств управления во всех звеньях на базе ЭВМ. Рассматриваются возможности применения методов оптимального управления и математического моделирования в экономике, основные классы планово-экономических задач, требующих применения математических методов оптимизации(анализ межотраслевых связей, управление ценообразованием, расчёты эффективности капитальных вложений, оптимизация планов производства и снабжения и др.).

Конкретное обоснование необходимости и возможности создания автоматизированной системы управления народным хозяйством страны даётся в специальном разделе статьи, озаглавленном «Автоматизация управления народным хозяйством – важнейшее звено в деле построения коммунизма». В этом же разделе показываются первоочередные направления и этапы этой работы.

Заключительный раздел статьи «О единой государственной сети вычислительных центров» посвящён принципам создания системы вычислительных центров, которые должны составить основу автоматизации управления народным хозяйством страны.

В заключении данной статьи говорится: «У нас имеются все возможности для полного использования всех достижений науки и техники, и одной из таких возможностей, недоступных капиталистическому строю, является создание единой автоматизированной системы управления в стране. Эта задача вполне реальна. Она может решаться постепенно, по этапам; её решение обеспечит мощный подъём нашей страны во всех областях. Именно в наше время достижения науки и техники впервые в истории делают возможным полное осуществление великих предсказаний Ленина о том, что «Коммунизм – это есть советская власть плюс электрификация всей страны». Ленинская формула раскрывает сочетание огромных политических преимуществ социалистической системы с высоким уровнем техники; оно практически будет воплощено в виде единой автоматизированной системы управления народным хозяйством. Эта система позволит ещё полнее реализовать основные экономические преимущества нашего строя: централизованность управления и плановость экономики. Тем самым будет обеспечена полная гармония между политическими и экономическими основами нашего государства и техническими средствами управления экономикой страны».

В 1961-м году в статье «Кибернетика в технике и экономике», опубликованной журнале «Вопросы философии», А.И.Китов и А.А.Ляпунов рассматривают вопросы применения кибернетики в экономике для автоматизации управления народным хозяйством и выполнения сложных экономических расчётов. В этой статье обосновывается необходимость создания в стране единой сети государственных вычислительных центров для

комплексного обслуживания целых районов. Авторы считают, что основными областями применения ЭВМ являются процессы управления машинами и комплексами машин и моделирование на ЭВМ динамических процессов и систем, а также выполнение трудоёмких научно-технических расчётов. Авторы считают, что система вычислительных центров, «объединённых каналами связи, будет образовывать в будущем единую автоматизированную систему управления народным хозяйством страны....Самое же главное преимущество единой системы центров состоит в том, что эта система позволит за счёт совмещения многих функций и рационального использования машин решить проблему массового внедрения ЭВМ в народное хозяйство при меньших затратах средств и времени, чем это требуется при децентрализованном использовании машин, что характерно для зарубежной практики».

В 1966-м году Министерством радиопромышленности СССР и ЦСУ СССР был утверждён «Аванпроект государственной сети вычислительных центров (ГСВЦ)». Научными руководителями этого аванпроекта были А.И. Китов и А.Я. Боярский. В 1967-м году А.И.Китов был утверждён Главным конструктором «Типовой отраслевой автоматизированной системы управления – ОАСУ», а научным руководителем этой ОАСУ – В.М.Глушков. В 1967-м году А.И.Китовым по заданию ЦК КПСС был подготовлен доклад «О состоянии электронной вычислительной техники в нашей стране», в котором показывалось наметившееся сильное отставание в области ЭВМ нашей страны от США. Названы и основные причины этого отставания - отсутствие координации работ в области создания ЭВМ и программного обеспечения, «кустарщина» и разобщённость разработчиков, что затрудняет наше сотрудничество с социалистическими странами. В докладе содержались конкретные предложения по созданию, производству и внедрению ЭВМ в народное хозяйство СССР: «Главное - это разработка генеральной схемы автоматизации управления народным хозяйством страны, создание государственного органа и принятие чрезвычайных мер для решения проблемы организации и автоматизации управления народным хозяйством страны на основе ЭВМ....»

«Бесполезно надеяться, что всё утрясётся само собой и вычислительная техника сама постепенно перестроит структуру управления экономикой....Более чем десятилетний опыт работ в нашей стране показывает, что кроме разговоров, обещаний и отдельных, в основном, показательных задач, ничего не получается, хотя тратятся большие деньги, работает масса весьма квалифицированных специалистов. В тоже время капиталистические страны практически широко используют автоматизацию и вычислительную технику в сфере управления и все дальше уходят вперёд по сравнению с СССР. Для того чтобы мы могли противостоять США, Китаю и поддерживать свою роль среди социалистических и других стран нам нужно сделать рывок в развитии ЭВМ и организации и автоматизации управления народным хозяйством СССР. Только в этом случае огромные ресурсы нашей страны и возможности нашего строя будут использованы в максимальной степени для повышения мощи нашей страны».

С 60-х по 90-е годы Анатолий Иванович Китов по вопросам теории и практики создания АСУ были опубликованы:

монографии

- «Программирование информационно-логических задач» (1967) ,
- «Программирование управленческих и экономических задач» (1971),
- «Автоматизация обработки информации и управления в здравоохранении» (1976 г.),
- «Введение в медицинскую кибернетику» (1977),
- «Медицинская кибернетика» (1983 г.).

и две брошюры по алгоритмическому языку программирования АЛГЭМ (в соавторстве).

В 1960–1970 гг. А.И.Китов был основателем и главным редактором периодического сборника научных статей «Цифровая вычислительная техника и программирование».

Последней попыткой достучаться до высшего руководства СССР и спасти Советский Союз от развала государства, было его письмо в ЦК КПСС на имя М.С. Горбачёва, в котором он ещё раз решительно указал на необходимость осуществить перестройку управления народного хозяйства путем создания ОГАС на основе ЕГСВЦ.

Таким образом, все попытки в СССР по коренной перестройке экономического управления на основе ЭВМ, **начались** с А.И.Китова (два его письма Хрущёву в 1959 г.) и на нём же и **окончились** (письмо Горбачёву в 1985 г.). Его проекты были отвергнуты и СССР в 1991 г. развалился и перестал существовать.

Фондовое собрание «Электронные цифровые вычислительные машины» в Политехническом музее: между прошлым и будущим

Смолевицкая М.Э.
Политехнический музей
smol@polymus.ru

The Fund “Electronic Digital Computing Machines” at Polytechnic museum: Between The Past and The Future

Smolevitskaya M.
Polytechnic museum, Moscow

Abstract. The Polytechnic Museum began to collect calculating devices and computing machines in the first years of its formation in the 1860s. Today, the Museum has the Fund Collection “Electronic Digital Computing Machines”, which consists from seven systematic collections and eleven personal funds of Russian scientists. There are about three hundred objects and over two thousands documentary, printed, and graphic items today. All four generations of electronic digital computing machines are presented in the museum. In addition, the museum created fourteen personal funds of Russian scientists who devoted their activity to computer science: S. Lebedev, I. Bruk, B. Rameev, V., Glushkov, S.N.Mergelyan and others. It is very important to point out that this fund collection is the only one of such variety and size in Russia.

Keywords: Polytechnic Museum, collection, personal funds, electronic digital computing machines, new museum concept, building reconstruction.

Политехнический музей – национальный музей истории науки и техники, один из крупнейших научно-технических музеев мира. В декабре 1991 г. музей был объявлен федеральной собственностью как особо ценный объект российского национального культурного наследия.

Музей был создан в 1872 г по инициативе Российских ученых-просветителей, членов Императорского Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии. Здание музея, расположенное в самом центре Москвы, построено по проекту архитектора И.А. Монигетти.

Идея создания Политехнического музея сформировалась в шестидесятые годы XIX века. Страна переживала эпоху реформ Александра II. Формировался фундамент отечественного капитализма, требовались новые технические идеи и знания. В 1863 году возникло Императорское общество любителей естествознания, антропологии и этнографии (ИОЛЕАиЭ). Главной задачей вошедшие в него ученые ставили содействие развитию науки и распространению естественнонаучных знаний. В качестве первого шага члены Общества создали публичную библиотеку, впоследствии – Центральную Политехническую. А затем – в 1872 году – общеобразовательный музей прикладных знаний, известный нам как Политехнический. Идея организации научного, образовательного и просветительного центра, распространяющего знания, дающего возможность публично формировать общественное мнение, была поддержана научной интеллигенцией, правительством России, Московской общей думой, членами императорской семьи, представителями деловых кругов страны.

23 сентября 1872 года высочайшим повелением императора Александра II был учрежден Комитет для устройства в Москве Музея прикладных знаний и управления им. Его почетным председателем стал великий князь Константин Николаевич. В состав Комитета вошли также московский генерал-губернатор В.А.Долгоруков, московский городской голова И.А.Лямин, вице-президент ИОЛЕАиЭ А.Ю.Давидов, профессор А.П.Богданов, директор Императорского технического училища В.К.Делла-Вос.

Основой для будущего музея стала часть экспонатов Всероссийской Политехнической выставки 1872 года, посвященной 200-летию со дня рождения Петра I. После ее закрытия экспонаты перевезли в помещение на Пречистенке, и 12 декабря 1872 года (по новому стилю). Политехнический музей впервые открыл свои двери для посетителей. В числе первых поступлений в музей с выставки были коллекции по истории фотографии, мореходных инструментов, метеорологических приборов, коллекции мер, гальваноластики. Особое место занимал подарок музею от изобретателя гальваноластики академика Б.С.Якоби – первая его работа 1838 года, образцы различных гальваноластических произведений из меди, железа, никеля и латуни с железным барельефом самого изобретателя.

В мае 1875 года на Лубянской (Новой) площади был заложен первый камень будущего здания музея. По проекту архитектора И.А. Монигетти в русско-византийском стиле была возведена его центральная часть. Тогда же, в 1877 году, коллекции переехали на свое постоянное место. Здание для Политехнического музея строили еще 30 лет. Над его обликом трудились архитекторы Н.А. Шохин, А.Е. Вебер, князь Г.И. Макаев. В 1896 году было возведено правое крыло, в 1907 – левое, куда вошла, ставшая вскоре знаменитой, Большая аудитория.

Профиль нового музея был определен как технико-промышленный. Цели – содействовать «распространению сведений между недостаточно образованными классами» и «вообще развитию технических знаний». Решать поставленные задачи основатели музея намеревались путем формирования коллекций усилиями членов Императорского общества, а также за счет привлечения материалов и предметов, отражающих достижения естественных и научно-технических знаний, создавая экспозиции и проводя словесные объяснения и разного рода

публичные курсы. На долгие годы эти задачи стали определяющими для Политехнического музея. Именно благодаря четкому видению того, чем он должен стать в жизни россиян, Политехнический очень скоро стал популярным, а главное, доступным практически для всех. Немалую роль в этом сыграло непосредственное участие видных ученых и инженеров: П.Н.Лебедева, К.А.Тимирязева, Н.Е.Жуковского, А.Г.Столетова. В стенах музея читали лекции Н.А.Умов, П.П.Лазарев, Ф.А.Бредихин, С.А.Чаплыгин, И.А.Каблуков, Д.Н.Прянишников. Здесь проходили обсуждения и апробация многих технических идей: телефонии, радиосвязи, электрического освещения... В 1925 году в Политехническом прошла I Всесоюзная выставка по радиотехнике.

В первые десятилетия комплектование фонда музея проводилось на основе программ, разработанных ведущими учеными и специалистами в различных областях науки и техники, которые сотрудничали с музеем: А.Г. Столетов и А.С. Владимирский (физика), Г.Е. Щуровский, (горное дело), А.П. Богданов (зоология), В.В. Морковников (химия), П.П. Петров (химик-технолог) и др. Предметы и коллекции для музея отбирались на международных и промышленных выставках (Вена 1876, Москва 1882, Париж 1900 и т. д.), заказывались и закупались (на частные пожертвования) в России и за границей. В пополнении фонда музея активное участие принимали государственные структуры (Главное управление почт и телеграфов, Министерство финансов, Министерство внутренних дел), научные общества (Императорское Общество любителей естествознания антропологии и этнографии, Русское техническое общество, Вольное экономическое общество и др.). Безвозмездно поступали в музей экспонаты от промышленных предприятий (Прохоровская трехгорная мануфактура, Техническая контора «Р.Э. Эриксон», фирма «Е.С. Трындына с-вей» и др.) и частных лиц (Н.И.Гучков, К.Н.Солодовников, П.П.Демидов., М.М.Чекалин, братья Николай и Михаил Малютины и др.).

Сегодня Политехнический музей хранит свыше 170 тыс. музейных предметов, около 100 музейных коллекций, многие из которых уникальны. Экспозиция музея занимает площадь около 10,5 тыс. кв.м. В 65 залах музея представлены самые различные области науки техники: горное дело, металлургия, химические технологии, автоматика и вычислительная техника, связь, оптика, метеорология, космонавтика, энергетика, транспорт. Ежегодно музей принимает около 450 тыс. посетителей. Музей является научно-методическим центром музееведения, выполняет функции головного музея, сохраняющего и изучающего музейный фонд РФ в области науки и техники. Поэтому организация для технических музеев страны научных конференций, семинаров в целях обмена опытом является одним из приоритетных направлений деятельности музея. Политехнический музей создает обширную базу по проблемам научно-технического музееведения, доступную для других музеев.

Политехнический – активный участник международных музейных форумов, с 70-х гг. прошлого столетия входит в состав Международного Совета музеев (ICOM). В 1987 г. Политехнический музей стал одним из инициаторов и основателей Ассоциации научно-технических музеев Российского комитета ICOM, являясь в настоящее время ее организационным, научным и методическим центром. В комплекс музея входит Научная библиотека (более 3 миллионов книг и печатных изданий) и Лекторий. В 2007-2009 гг. музейный фонд Политехнического музея пополнился на 11 563 предмета, из них 1357 единиц хранения составили вещевые источники, 5852 единицы хранения – письменные источники, 4354 единицы хранения – изобразительные источники. Главным направлением комплектования за прошедший период стало пополнение научно-технических типологических коллекций, а также тематическое комплектование, предполагающее выявление и сбор предметов музейного значения различного типа.

С целью интенсификации работы по пополнению музейных коллекций была организована работа по закупке предметов музейного значения на аукционах антикварной техники в России и Западной Европе. Всего за три года было приобретено у организаций и частных лиц 239 предметов. Самый дорогой экспонат – уникальная пишущая машина «Blick Electric» (1902 г., США) была приобретена на средства, выделенные для этой цели Министерством культуры РФ. К 135-летию музея ряд организаций-партнеров, таких как ООО «Единая Европа-Телеком», ООО «Полигид», Региональный благотворительный фонд «Знание» им. С.И.Вавилова, ЗАО ИК «Русские финансовые традиции», ЗАО «Международный компьютерный клуб», ОАО «Единая Европа-Холдинг» безвозмездно передали в музейный фонд редкие образцы техники: телефонные аппараты, пишущие и счетные машины.

Впервые музей получил от ФГУК «РОСИЗО ГВМЦ» собрание художественных произведений (коллекция графики советского периода, скульптура, авторские медали).

Научные исследования в Политехническом музее проводятся по следующим основным направлениям:

1. История Политехнического музея

2. История фирм и предприятий

3. Памятники науки и техники. Музейные предметы тщательно изучаются, среди которых выявляются особо ценные экспонаты, которым на Экспертном совете музея присваивается статус «Памятника науки и техники». Экспонаты, получившие такой статус, являются национальным культурным достоянием России и охраняются государством согласно действующему законодательству. Сведения о памятнике включаются в Банк данных «Памятники науки и техники России».

4. Инженерное наследие XIX-XX вв. В его рамках проводятся работы по выявлению сохранившихся исторических свидетельств вклада российских инженеров в развитие мировой и отечественной науки и техники с целью создания информационной базы данных. Результаты исследований отражены в серии изданий «Проблемы культурного наследия в области инженерной деятельности», вып. 1-5.

5. Выдающиеся инженерные проекты XX века. Цель данных исследований – выявление для последующего привлечения в музей, материальных свидетельств и документов, раскрывающих историю реализации инженер-

ных проектов, давших значительный толчок в развитии науки и техники в России.

Фондовое собрание электронных цифровых вычислительных машин (ЭЦВМ) в Политехническом музее формируется относительно недавно, с 1960-х годов. В данный момент в нем насчитывается более 300-х музейных предметов и более 2 000 единиц хранения документальных материалов. Образовано 14 личных фондов ученых, посвятивших свою деятельность вычислительной технике. Важно отметить, что данное фондовое собрание является единственным в нашей стране. В настоящее время систематических коллекций по ЭЦВМ в отечественных музеях не имеется. Практически все ЭВМ, составляющих коллекцию Политехнического музея, кроме персональных компьютеров, сохранились только у нас.

Вещевой фонд «Электронные цифровые вычислительные машины» включает в себя:

- Универсальные ЭЦВМ
- Специализированные ЭЦВМ
- Управляющие ЭЦВМ и комплексы
- Персональные компьютеры

Первые цифровые вычислительные машины с хранимой программой - МЭСМ, созданная академиком С.А.Лебедевым, и Автоматическая цифровая вычислительная машина М-1, разработанная под руководством члена-корреспондента И.С. Брука, начали работать почти одновременно в ноябре и декабре 1951 года. Эти машины создавались в единственном экземпляре и, к сожалению, не сохранились, поэтому о них в собрании есть только документальные и изобразительные материалы, которые хранятся в личных фондах С.А. Лебедева и И.С. Брука.

Личный фонд Сергея Алексеевича Лебедева создавался благодаря сотрудничеству музея с его дочерью Натальей Сергеевной и в данный момент насчитывает 44 единицы хранения. Это рукописи Сергея Алексеевича, личные вещи, фотографии, научные труды, документы, связанные с его биографией, большая часть которых выставлена в экспозиции зала ЭЦВМ и используется в просветительной деятельности музея. Политехнический музей является единственным хранителем и экспозиционером фонда академика Лебедева, кроме музея Института точной механики и вычислительной техники.

Фонд члена-корреспондента АН СССР Исаака Семеновича Брука не самый объемный: 40 единиц хранения документальных и изобразительных материалов. Этот фонд формировался благодаря сотрудничеству музея с сестрой И.С. Брука Миррой Семеновной и длительной дружбе музея с Институтом электронных управляющих машин, которому в этом году было присвоено имя его основателя. Кроме очень интересных документов, связанных с созданием электронных вычислительных машин в нашей стране, он содержит не менее интересные материалы по работам И.С. Брука в области электроэнергетики и механических приборов для решения дифференциальных и интегральных уравнений.

Также в музее в личных фондах хранятся и изучаются документальные материалы Ю.Я. Базилевского, В.М. Глушкова, В.С. Петрова, М.А. Карцева, Н.Я. Матюхина, А.И. Китова, Н.П. Брусенцова. Уникальное документальное наследие передал музею Б.И. Рамеев: более 600 единиц хранения по истории развития вычислительной техники в нашей стране с конца 40 – х годов до начала 90-х годов прошлого века.

После кончины в 2005 году академика Всеволода Сергеевича Бурцева благодаря Тамаре Андреевне Бурцевой, сформирован его личный фонд. Фонд № 213 академика Всеволода Сергеевича Бурцева безусловно является одним из самых насыщенных интереснейшими свидетельствами развития научной мысли ученого и свидетельствами практической реализации его идей в отечественных электронных вычислительных машинах, которые безотказно работают и в данное время. В данный момент личный фонд В.С.Бурцева насчитывает более 70 единиц хранения. Это рукописи Всеволода Сергеевича (черновые наброски в тетрадях и блокнотах), дипломный проект, посвященный оперативному запоминающему устройству знаменитой БЭСМ (Быстродействующей электронной счетной машине), авторские свидетельства на изобретения, фотографии ученого за работой, издания его научных трудов.

Летом этого года благодаря сотрудничеству с С.С. Мергеляном удалось открыть личный фонд его отца выдающегося советского математика Сергея Никитовича Мергеляна. К сожалению, лишь небольшую часть материалов из личных фондов ученых мы имеем возможность выставлять в экспозиции и непосредственно использовать в экскурсионной работе. Большинство документов еще ждут своего самого внимательного прочтения.

В зале ЭЦВМ Политехнического музея экспонируется Малая универсальная цифровая вычислительная машина «Урал-1» на электронных лампах. Это единственная ламповая ЭВМ, сохранившаяся на всей территории бывшего Советского Союза. Она имеет статус Памятника науки и техники, т.е. охраняется государством, как ценный объект науки и культуры. На основе ЭВМ «Урал-1» два талантливых и неравнодушных к истории нашей вычислительной техники студента Д. Соловьев и М. Гляненько сделали демонстрационный комплекс, и мы имеем возможность демонстрировать работу этой машины.

Второе поколение ЭЦВМ - это машины на полупроводниковых приборах, что замечательно видно на примере процессорной ячейки от ЭЦВМ «Раздан-3». Очень интересны устройства внешней и оперативной памяти: огромный магнитный барабан, который мог хранить 196 608 символов, и оперативное запоминающее устройство на ферритах (емкость от 16 до 64 тысяч 37-разрядных слов).

Что представлял собой вычислительный центр с машинами третьего поколения - можно посмотреть на макете машины ЕС-1050 и отдельных устройствах машин этой серии. Интегральные схемы, которые произвели своеобразную революцию в вычислительной технике, можно увидеть на платах блока оперативного запоми-

нающего устройства ЕС-3222 от ЭВМ ЕС-1022. Впервые в ЭЦВМ этого поколения для выполнения чертежных работ начали применяться специальные устройства – графопостроители.

Общеизвестно, что в большинстве универсальных ЭЦВМ используется двоичная логика и двоичная система счисления. Еще в 1953 году Н.П. Брусенцов начал создавать семейство ЭЦВМ «Сетунь» - единственные машины в мире, реализованные на троичной логике. Наверное, такая необычная машина могла родиться только в университетских стенах. Своей простотой и практичностью «Сетунь» обязана представлению чисел и команд в симметричном коде $(-1, 0, 1)$.

ЭЦВМ четвертого поколения на больших интегральных схемах - многопроцессорная векторная суперЭВМ М-13. Впервые в отечественной практике в структуре этой машины использовался мощный процессор сигнальной обработки Устройство абонентского сопряжения (УАС), входящее в комплект ЭЦВМ М-13, предназначено для организации обмена (ввода-вывода) информацией с радиолокационными станциями и ЭВМ М-13.

В 2001- 2002 годах фондовое собрание ЭЦВМ пополнилось Вычислительной системой «Эльбрус 3-1» на базе модульных конвейерных процессоров, супер-ЭВМ «Электроника СС БИС-1» векторно-конвейерного типа и Бортовой вычислительной машиной «Аргон-16», управляющей полетами транспортных космических кораблей и межпланетных орбитальных станций. Политехнический музей не только единственный музей в России, который располагает богатейшим фондовым собранием электронной цифровой вычислительной техники, но и единственный музей в мире, в котором собираются и экспонируются бортовые специализированные ЭВМ авиационного, космического и военного назначения. О международном признании заслуг наших ученых в области вычислительной техники свидетельствуют бронзовые медали и копии дипломов IEEE Computer Society. В 1996 году звание «Computer Pioneer» было присвоено С.А. Лебедеву, А.А. Ляпунову и В.М. Глушкову.

Давняя большая дружба связывает Политехнический музей и Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М.А. Карцева. Музей хранит ряд отдельных устройств электронных машин, разработанных в этом институте. Статус «Памятник науки и техники» присвоен накопителю большой памяти на ферритовых микросердечниках ЭВМ М-10.

Компьютерная информатика в России, в СССР началась с работ известного ученого, специалиста в области электроэнергетики Исаака Семеновича Брука. В 1948 году он первым в СССР (совместно с Баширом Искандеровичем Рамеевым) разработал проект автоматической цифровой электронной вычислительной машины с жестким программным управлением. В это время машина подобного типа имела лишь в Соединенных Штатах Америки (ENIAC – Electronic Numerical Integrator and Computer, 1946 год). Этот уникальный исторический документ описание «Автоматическая цифровая электронная вычислительная машина» тоже хранится в Политехническом музее в личном фонде Б.И. Рамеева.

Даже беглое ознакомление с документами на создание первой автоматической цифровой вычислительной машины (АЦВМ) показывает обстоятельность проработки поставленной задачи. Можно только удивляться, как удалось выполнить такую, по тем временам неимоверно трудную, научно-инженерную разработку и составить аван-проект электронной цифровой вычислительной машины с программным управлением, который иначе, как классическим, назвать нельзя. При чтении проекта убеждаешься, что И.С. Брук и Б.И. Рамеев вплотную подошли к реализации принципа хранимой памяти программы. Они осуществили ее технически (в проекте), предусмотрев запись программы в памяти (на ленте), выдачу результатов вычислений на такую же ленту и ввод с нее полученных чисел снова в машину для последующих вычислений.

За год совместной работы И.С. Брук и Б.И. Рамеев подготовили и послали в Комитет по изобретениям более 50 заявок на изобретение различных узлов ЭВМ. Все они хранятся в Политехническом музее. Многие из них возвращались не признанными, с массой вопросов. Среди тех, кто их оценивал, не было специалистов по вычислительной технике. Эксперт, рассматривавший заявки, был специалистом по электродвигателям. В конце концов заявки стали принимать. А в декабре 1948 года И.С. Брук и Б.И. Рамеев подготовили и послали заявку на изобретение «Автоматическая цифровая вычислительная машина» (с использованием общей шины) и получили историческое Авторское свидетельство за №10475 с приоритетом от 4 декабря 1948 года. В 1998 году к 50-летию со дня этого замечательного события Российский национальный комитет Компьютерного общества Международного института инженеров электриков и электронщиков (IEEE Computer Society) предложил отмечать 4 декабря как День российской информатики.

На протяжении более 30 лет научные сотрудники группы вычислительной техники Политехнического музея активно поддерживают научные связи со специалистами по вычислительной технике и информатике. Практически ежегодно в музее проводились политехнические чтения и круглые столы по истории отечественной вычислительной техники на различные темы или связанные с юбилейными датами.

Еще в 2001 году в связи с 50-летием создания первой ЭВМ в России – М-1, Т.М. Александриди передала в музей ценнейшей документ, подлинный «Отчет по работе: Автоматической цифровой вычислительной машины М-1», утвержденный директором Энергетического института АН СССР Г.М. Кржижановским с подписями-автографами руководителя Лаборатории электросистем члена-корреспондента И.С. Брука и разработчиков этой машины: младших научных сотрудников и техников, которых было всего семь человек. Несмотря на то, что в музейном деле на сегодняшний день такая практика отсутствует, первое авторское свидетельство на создание автоматической цифровой вычислительной машины и «Отчет по работе: Автоматической цифровой вычислительной машины М-1», как уникальные документальные свидетельства истории создания первых ЭВМ, несомненно, заслуживают присвоения им статуса «Памятник науки и техники».

Среди документальных и изобразительных материалов, связанных с историей вычислительной техники,

есть интереснейшие свидетельства о первых математических задачах, которые решались на первых отечественных электронных вычислительных машинах. Безусловно, практически в самую первую очередь – это были задачи космонавтики: расчеты траекторий полетов первых советских космических аппаратов, исследования изменений параметров орбиты во время полета первого ИСЗ. Параллельно с решением этих задач в конце 1956 года сотрудниками Института ракетных войск был разработан проект командно-измерительного комплекса (КИКа) для первых советских ИСЗ. Были разработаны и научно и технически обоснованы методики проведения наблюдений за ИСЗ с помощью радиотехнических, радиопеленгаторных и оптических средств. Были проведены теоретические исследования ожидаемых возмущений орбиты ИСЗ и в связи с этим требования к необходимой точности измерений параметров орбиты и периодичности обновления информации. В результате этих исследований был определен состав КИКа, включивший в себя, в том числе и комплекс средств получения, ввода в ЭВМ, обработки и отображения полученной информации для анализа и выработки решений в Координационно-вычислительном центре.

Предусматривалась совместная работа:

- 10 пунктов Минсвязи СССР; 26 радиоклубов ДОСААФ с сотнями добровольцев радиолюбителей;
- оптических средств полигонов Министерства обороны СССР и астрономических обсерваторий АН СССР.

Кроме того, к 1 октября 1957 года Астрономическим советом АН СССР были созданы 66 специальных оптических наблюдательных пунктов на территории Советского Союза, укомплектованных визуальными астрономическими трубами АТ-1.

В 2002 году старейший сотрудник ИПМ им. М.В.Келдыша Раиса Константиновна Казакова передала в Политехнический музей ряд материалов, отражающих процесс наблюдения за полетом первого Искусственного Спутника Земли (ИСЗ), расчетов поправок траектории его движения вокруг Земли. В 1957 году Р.К. Казакова в числе других сотрудников ИПМ занималась обработкой данных «пакетов» оптических наблюдений за первыми ИСЗ. Информация о прохождении первого ИСЗ поступала с наблюдательных пунктов в виде телеграмм различных «форм». Количество форм телеграмм было велико. В ИПМ пришлось организовать их журнальный учет, переписывание на бланки перфокарт. Затем информация пробивалась на перфокарты, а данные с них распечатывались, проверялись и формировались «пакеты» измерений от разных пунктов наблюдения, используемых для последовательного исследования изменений параметров орбиты ИСЗ во времени.

М.В.Келдыш одним из первых понял роль только что появившихся вычислительных машин для развития науки, для создания и совершенствования новой техники. Благодаря его усилиям, в Институте, начиная со «Стрелы», устанавливались первые или одни из первых экземпляры всех отечественных ЭВМ. По его инициативе в Институте развернулись работы по созданию программного обеспечения ЭВМ, конструированию многомашинных комплексов, разработке сетей, удаленного доступа – всего того, из чего выросли современные информационные технологии. До демонтажа «Стрелы» в 1966 году все баллистико-навигационное обеспечение космических полетов (и первого спутника в 1957 году, и полета Гагарина в 1961 году, и последующих полетов) работало на «Стреле». По свидетельству Р.К. Казаковой на осциллографе, размещенном на пульте управления, рисовалась орбита ИСЗ.

В фондовом собрании ЭЦВМ Политехнического музея представлены отдельные узлы самой первой отечественной серийной ЭЦВМ «Стрела», созданной в 1952 году в СКБ-245. Это части пульта управления машиной, отдельные процессорные ячейки; оперативное запоминающее устройство, реализованное на 64-х электронно-лучевых трубках и огромная бобина с магнитной лентой, которая использовалась в качестве внешнего носителя информации.

В 2010 году был проведен конкурс на общую концепцию Музея науки и техники на базе Политехнического музея. Конкурс выиграла фирма Event Communication Ltd (Великобритания). 6 июня 2011 года объявлен архитектурный конкурс, целью которого является выбор лучшего проектного решения и определение архитектурной компании, которая разработает проектную документацию реконструкции главного здания Политехнического музея. Организатором конкурса выступает Фонд развития Политехнического музея при организационной поддержке Института медиа, архитектуры и дизайна «Стрелка». Организатор конкурса рассчитывает получить от компании-победителя конкурса комплекс творческих идей и профессиональную архитектурную концепцию, которая будет впоследствии положена в основу проектной документации по реконструкции здания Политехнического музея. Итоги конкурса должны быть подведены в сентябре. 27 сентября 2011 года должно состояться Заседание Попечительского совета Политехнического музея по выбору лучшей архитектурной концепции и определению Победителя конкурса. Публичные презентации и выставка конкурсных проектов будут проходить в Большой аудитории Политехнического музея с 12 сентября по 1 октября 2011 года.

Между Политехническим музеем и администрацией Всероссийского выставочного центра заключено соглашение на аренду шести павильонов ВВЦ на время реконструкции музея, в трех из них разместиться временная музейная экспозиция, два будут отданы под хранилище музейных предметов и в одном из павильонов будет библиотека с читальным залом. В предоставленных павильонах в настоящее время проводится косметический ремонт, который планируется закончить к январю 2012 года. С этого момента на ВВЦ начнет переезжать библиотека и фонды музея. Для посетителей Политехнический музей будет открыт до середины 2013 года, затем начнется перемещение экспозиций на ВВЦ.

АСУ «Львов» и «Кунцево»: роль и значение

Стрюкова Е.П.

Уральский Федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина
ekaterina-stryukova@yandex.ru

Role and Significance of Automatic Control Systems “Lvov” and “Kuntsevo”

Stryukova E.

Boris Yeltsin Ural Federal University

Abstract. This report is told about the reasons of creation the first automatic control systems in the USSR. There are considered aims, tasks of these systems. Also there is emphasized the problems of creation such widescale systems.

В начале 60-х гг. XX века наметились тенденции к автоматизации не только технологических процессов, но и административных. Возникновение идей о возможности использования вычислительной техники в управлении организациями и предприятиями связано, прежде всего, со сложившейся в стране экономической ситуацией, в условиях которой становится необходимой оптимизация производства в целях повышения производительности труда.

В начале 1960-х гг. новый виток «холодной войны», увеличение количества техники, вооружения и разработка космической программы потребовали вливания огромных ресурсов в военную и космическую отрасль. Это не могло не оказать влияние на общий уровень производства и уровень жизни. В сложившейся обстановке единственным возможным способом выполнения планов, принятых XXI и XXII съездами КПСС, становится внедрение на практике достижений науки и техники, в том числе и электронной вычислительной. Важнейшим направлением развития НТР стала разработка автоматизированных систем управления различных уровней (предприятия, отрасли, народного хозяйства).

Изначально считалось, что использовать электронную вычислительную технику необходимо только для сбора, обработки, хранения и использования информации, но в последствии появляются предпосылки к применению новой техники для решения более широких задач управления, в т.ч. планирования. В середине 1960-х гг. появляются первые проекты управленческих автоматизированных систем. Предполагалось, что внедрение АСУ на предприятии должно дать огромный экономический эффект за счет автоматизации оперативного управления, сбалансированного планирования, более эффективного анализа, учета и контроля, экономии времени и ресурсов (в том числе и человеческого труда).

Некоторое время такие проекты оставались на бумаге. Однако в ходе одной из конференций, проводимой Львовским совнархозом, В.М.Глушков аргументируя преимущества использования автоматизированных систем управления предприятиями, получил предложение реализовать такой проект на Львовском телевизионном заводе. Помимо желания руководства завода внедрить проект на предприятии, предложение обуславливалось еще рядом важных факторов. Во-первых, предприятие специализировалось на выпуске теле- и радиовещательной аппаратуры (высокотехнологическое производство). Во-вторых, производство функционировало в режиме полного (замкнутого) цикла. Особенность предложенного проекта заключалась в создании типового продукта АСУ для машино- и приборостроительных предприятий, то есть уже изначально предполагалось, что в дальнейшем он будет использоваться в качестве базового для автоматизации подобных предприятий с массовым производством.

Работы по созданию АСУ «Львов» проходили с 1965 по 1967гг. В 1967 г. успешно было проведено внедрение первой очереди системы, а в 1969 г. сдана вторая очередь. Внедрением первой очереди решались задачи оперативного планирования и диспетчеризации производства, а также его материально-технического обеспечения. С введением второй очереди в эксплуатацию решалась задача автоматизирования учета и отчетности на предприятии, решались задачи технико-экономического планирования и прогнозирования. Технической базой для работы АСУ «Львов» послужили две модифицированные универсальные ЭВМ «Минск-22», дополнительно доукомплектованные различными блоками, что позволило использовать их в системном режиме, то есть решать задачи управления в реальном масштабе времени.

В результате внедрения на Львовском телевизионном заводе системы автоматизировано решение следующих задач:

- управление производством, которое заключалось в использовании комплексного подхода к построению общей методики организации и планирования работы предприятия: организации функционирования по циклическому плану-графику. На практике применялись программы: расчет величины партии деталей и периодичность их запуска в производство, построение и корректировка календарных план-графиков работы цехов серийного производства; оперативное управление цехом массового производства; управление комплектно-заготовительным участком;

- планирование материально-технического обеспечения производства, которое заключалось в создании календарного плана-графика обеспечения и локального регулирования обеспечением. На основе таких графиков формировались графики обеспечения производства. В системе создавались следующие программные продукты: планирование потребности материалов для цехов основного производства; отслеживание запасов на заводских складах; расчет на складах дефицита материалов, идущих на товарный выпуск.

– учет, решение этой задачи сводилось к составлению отчетности, в частности снабженческо-сбытовой и финансовой деятельности. Для ее реализации использовались такие программы как движение товарно-материальных ценностей в производстве, расчетов с поставщиками завода, реализации готовой продукции и т.д.

Вслед за АСУ «Львов» начинаются работы над АСУ «Кунцево» для Кунцевского радиозавода. Эта система проектировалась для решения как можно большего количества задач в группе приборо- и машиностроительных отраслей промышленности. Задачи, поставленные перед разработчиками, требовали выполнения работ огромного объема. По сравнению с АСУ для Львовского телевизионного завода, проект «Кунцево» требовал большего количества ресурсов как человеческих, так и промышленных и считался более объемным по количеству операций, подлежащих автоматизации в рамках предприятия.

Изначально в качестве технической основы проекта рассматривалась ЭВМ второго поколения «Минск-22». Аванпроект, эскизный проект и техническое задание АСУ «Кунцево» было разработано именно под нее. Однако, в конце 1969 года по Постановлению Военно-промышленной комиссии этот проект переориентирован на ЭВМ «Минск-32», что привело к увеличению объемов работ над создаваемой системой.

АСУ «Кунцево» было призвано решать такие задачи, как управление производством, материально-техническое снабжение, учет, управление складом, управление поставками, управление персоналом и т.д. Особенностью системы являлось рассмотрение разработчиками ее подсистем в соответствии с организационной структурой предприятия. Главная проблема заключалась в том, что АСУ создавалась для предприятия как единой системы. Это в свою очередь требовало внесения постоянных изменений и корректировок. В дальнейшем реализация идеи создания в рамках системы подсистем по видам ресурсов и по уровням производства еще сильнее усложнило задачи проектирования. В результате проект АСУ «Кунцево» стал громоздким, трудным для восприятия и, что самое главное, для реализации. Для внедрения АСУ на профильных предприятиях потребовалась доработка документации, создание дополнительных подсистем с учетом специфики конкретного предприятия, что в свою очередь потребовало дополнительных ресурсов и вложений.

Для решения возникающих проблем были подготовлены предложения по классификации предприятий, разработке типовых подсистем. В результате создано около 600 АСУ для предприятий девяти оборонных министерств.

Трудно переоценить значение АСУ «Львов» и «Кунцево» для развития автоматизации управления. Внедрение на практике первых проектов показало, что это сложная задача, требующая определенного уровня не только ресурсов, соответствующего уровня производства электроники, систем связи, но и квалификации персонала. Одновременно с этим выявилась необходимость в проведении стандартизации и унификации в сфере разработки и внедрения АСУ.

Вместе с тем нельзя не учитывать, что подобные автоматизированные системы явились детищем своего времени, когда всемогущество вычислительной техники и ее неограниченные возможности в решении экономических проблем казались реальностью. Первые проекты АСУ выявили противоречия между формальным аспектом организации и управления и организацией как живым, творческим целым.

Информатика от Силиконовой Долины до Золотой Долины: Андрей Ершов и Джон Маккарти¹

Татарченко К.А.
Принстонский Университет
ktatarch@princeton.edu

“Double Loyalties” in Counterpoint: Computer Science from Silicon Valley to Golden Valley

Tatarchenko K.
Princeton University

Abstract. Primarily based on the materials from the Ershov Archive and Charles Babbage Institute's collection on the international computing, my contribution closely follows several episodes in the relations between famous computer scientists Andrei Ershov and John McCarthy. This relationship was chiefly complicated by, but also benefited from, Cold War tensions. The frequent visits of John McCarthy to the Academgorodok Computer Center and Ershov's 1965 trip to the USA were motivated by scientific reasons but also turned into part of the Cold War drama. During his American visit, Ershov became a victim of an American press campaign using his off-record comments to mock the state of the Soviet computing. The 1968 Soviet intervention in Czechoslovakia prevented John McCarthy from realizing his plan to spend an entire sabbatical year in Novosibirsk. Yet, these scientists were not passive pawns but active manipulators of Cold War rhetoric. The Americans and Soviets alike used their access to first-hand information about the “other side's” state of the art technology to advance disciplinary, institutional and personal interests.

The notion of “double loyalties” as introduced by Nikolai Krementsov in *International Science between the World Wars: The Case of Genetics* will allow me to analyze the functioning of the Soviet-American networking and to ask: How did the knowledge-making in a new field of computing achieved its status of an international scientific discipline? What was the interplay between the national and international dimensions of the emerging discipline born in the Cold War context? How do national and disciplinary agendas intersect in scientists' roles as cultural diplomats?

Key words: A. Ershov, Ershov Archive, Academgorodok, John McCarthy, Cold War, Silicon Valley, Golden Valley.

Джон Маккарти, знаменитый американский ученый, основатель научного направления «искусственный интеллект», собирался провести 1968-1969 академический год в Вычислительном Центре Новосибирского Академгородка. К июлю 1968-го года он так спланировал свое путешествие с дочерью-школьницей Сюзи: отправление по окончании летнего лагеря, 23-го июля; одна неделя в институте Вейцмана, в Израиле; несколько недель в Шотландии для участия в международном семинаре по искусственному интеллекту и Конгрессе Международной федерации по обработке информации, ИФИП; одна неделя в Праге; прибытие в Москву 25-го августа². К 19-му августа Маккарти наконец-то получил советскую визу и телеграфировал уточненную дату приезда, 8 сентября³.

Геополитические события распорядились иначе. 21-го августа Андрей Ершов и его коллеги в Вычислительном Центре (ВЦ) были потрясены известием о вводе советских войск на территорию Чехословакии. Дружелюбное отношение к Советскому Союзу, научное сотрудничество с чехословацкими учеными – все казалось потерянным⁴. Последствия не заставили себя ждать. Джон Маккарти телеграфировал из Эдинбурга: «Из-за международной обстановки я задерживаюсь и сокращаю свой визит. Я могу приехать в Новосибирск на один, может, на два месяца с 1-го ноября. Сюзи не приедет. Если вы все еще хотите принять меня, отвечайте сюда»⁵. Согласно недавним воспоминаниям Маккарти, он счел безответственным привозить свою дочь на потенциально вражескую территорию; в любой момент могла начаться война⁶.

По получении телеграммы Андрей Ершов немедленно телеграфировал, что Вычислительный Центр согласен принять Маккарти на удобный ему срок⁷. В письме, датированном тем же днем, 11-ым сентября, Ершов писал, выражая собственные чувства: «Я был очень огорчен, получив Вашу телеграмму. Я не знаю точных мотивов Вашего решения, но хотел бы сказать, что оно, никак не задевая тех, от кого зависит международное положение, сильно касается людей, близких Вам лично или по научным интересам. Если бы мы с Вами встретились, я думаю, что мы могли бы прийти к согласию в этой трудной ситуации»⁸.

1 Автор выражает благодарность: сотрудникам Архива Ершова, на основе которого написана эта работа; летней школе “America Engages Eurasia,” где обсуждались контакты Америки с Россией; ассоциации по вычислительной технике АСМ за финансовую поддержку; руководителю диссертации, профессору Майклу Гордину.

2 Архив Ершова: 22 июня, 1968, папка 147- лист 109.

3 Архив Ершова: Дж. Маккарти А. Ершову, 19 августа, 1968, 147-73.

4 См. А. Берс в книге «Андрей Ершов – ученый и человек», ред. А. Марчук (Новосибирск, 2006), с. 341-342.

5 Архив Ершова: Дж. Маккарти – А. Ершову, 10 сентября, 1968, 147-63: “Because of international situation I am delaying and shortening my visit. I can come to Novosibirsk for one maybe two months starting November 1. Susie will not come. Do you still want me? Reply here.” Здесь и далее перевод автора.

6 Джон Маккарти, интервью с автором, март 2007.

7 Архив Ершова: А. Ершов – Дж. Маккарти, 11 сентября, 1968, 127-44.

8 Архив Ершова: А. Ершов – Дж. Маккарти, 11 сентября, 1968, 127-45.

К каким же личным и научным связям между советскими и американскими учеными взывал Ершов в своем письме? Существующая историография воспроизводит национальные границы в истории информатики и неспособна ответить на этот вопрос⁹. Неофициальный, доверительный тон письма – дополнительное подтверждение близких отношений автора и адресата. Архивы, публикации и воспоминания содержат множество других свидетельств. «Андрей Ершов был моим другом» – заявил Маккарти в самом начале нашего разговора о его путешествиях в Сибирь¹⁰. Для истории международных научных связей в годы холодной войны существенно то, что их личная дружба была основана на общих научных интересах, регулярных встречах и переписке.

Часть моей диссертации посвящена вопросам советско-американских научных связей и становлению информатики как независимой научной дисциплины в 50-е и 60-е годы XX века. Только что рассмотренный эпизод, анализируемый в этой части, особенно интересен и показателен: кризисная ситуация вела к артикуляции и письменному свидетельству того, как исторические акторы понимали и создавали новую международную науку во времена холодной войны. В моем докладе для *Soricom 2011* я хотела бы более подробно рассмотреть научные контакты Андрея Ершова и Джона Маккарти. После хроникального изложения истории их отношений, я остановлюсь на взаимосвязи между личной и эпистолярной формами контакта, а также на единственном тексте, написанном ими в соавторстве во время все-таки состоявшегося визита осенью 1968 года.

Андрей Ершов и Джон Маккарти впервые встретились осенью 1958 года на международном симпозиуме «Механизация процессов мышления» в Теддингтоне (Англия). Эта была первая поездка молодого Ершова в так называемые «капиталистические страны». Он был в составе советской делегации, представленной в основном специалистами по автоматическому контролю¹¹. На симпозиуме Ершов представлял результаты своей работы «Программирующая программа для БЭСМ», еще не изданной на английском языке¹². На секциях по программированию молодой советский специалист оказался в компании будущих легенд американской информатики. Кроме Маккарти, там выступали: Грейс Хоппер, Марвин Минский и Джон Бэкус¹³. Хотя европейские работы были хорошо представлены на этом английском симпозиуме, главным событием, вошедшим в историю искусственного интеллекта, стало выступление Маккарти «Programs with Common Sense» – программы со здравым смыслом.¹⁴ Для Ершова симпозиум стал новым этапом интеграции в существующие трансатлантические научные связи в области информатики, основными элементами которой были содействие американского ученого Алана Перлиса и собственный талант выстраивать деловые отношения, основанные на личной симпатии¹⁵. На симпозиуме Ершов и Маккарти договорились об обмене трудами. Хотя знакомство в тот момент не перешло в личную дружбу, обещание они сдержали¹⁶.

Следующая документированная личная встреча американского и советского ученых произошла семь лет спустя, во время первого путешествия Ершова в компьютерную Мекку тех лет – Стэнфордский университет, одним из первых открывший самостоятельный факультет по информатике¹⁷. Путевая карта визита в США отражала выросший международный статус заведующего отделом программирования ВЦ. Ершов был приглашен на конгресс ИФИПа в Нью-Йорке с двумя докладами, о системе Альфа и о проекте системы разделения времени, читал лекции в Стэнфорде, корпорации РЭНД, перед членами общества АСМ в Лос-Анжелесе¹⁸. Активная переписка, начавшаяся после этого визита, была вызвана желанием Маккарти посетить ВЦ Академгородка¹⁹.

Осенью 1965 года начался цикл регулярных путешествий американского специалиста в Советский Союз и Академгородок. К 1971 году Маккарти побывал в Советском Союзе семь раз, в 1964, 1965, 1966, 1967 (дважды), 1968 и в 1970 годах²⁰. Пять из семи визитов включали пребывание в Академгородке. Маккарти, наверняка, останавливался в единственной гостинице, принимавшей иностранных гостей, «Золотой Долине», названной в честь осеннего сибирского леса и долины, где разместился Город Науки.

Со второй половины 1970-х Маккарти реже бывал в Академгородке и Советском Союзе, деля свое время между руководством лабораторией Искусственного Интеллекта в Стэнфорде, организацией международных конференций, и длительными командировками в Японию. Дружба с Ершовым поддерживалась благодаря переписке, встречам на конференциях и во время посещения Ершовым США. Последняя встреча состоялась в Академгородке летом 1987-го года, за год до кончины Ершова. А.П. Ершов пригласил легендарного ученого встре-

9 Искключение составляет Slava Gerovitch, *From Newspeak to Cyberspeak: A History of Soviet Cybernetics* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 2002). О потенциале транснациональной истории для истории техники, см. Eric van der Vleuten "Toward a Transnational History of Technology: Meanings, Promises, Pitfalls," *Technology and Culture*, vol. 49, no. 4, 2008, с. 974-994. Об интернациональной и транснациональной истории информатики см. Corinna Schlombs, "Toward International Computing History," *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 28, no. 1, 2006, с. 107-108.

10 Джон Маккарти, интервью с автором, март 2007.

11 См. раздел о поездке в Архиве Ершова: <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaindex.asp?lang=2&gid=286>

12 A. Ershov, *Programming Programme for the BESM computer* (London: Pergamon Press, 1959).

13 *Proceedings of the Teddington Conference on the Mechanization of Thought Processes*, (Her Majesty's Stationery Office, London: 1959).

14 О симпозиуме см.: Roberto Cordeschi, *The Discovery of the Artificial: Behavior, Mind, and Machines Before and Beyond Cybernetics* (London: Dordrecht, 2002). pp. 187-189. R. Kline, "Cybernetics, Automata Studies, and the Dartmouth Conference on Artificial Intelligence," *IEEE Annals of the History of Computing*, в печати; Pamela McCorduck, *Machines Who Think* (San Francisco: W. H. Freeman, 1979).

15 См. иностранную переписку Ершова до и после симпозиума в Архиве Ершова. Например, С. Гилл – А. Ершову, 4 ноября, 1958, 135-392, 393: "Professor Perlis has already written to me mentioning your name and I was therefore very pleased to receive your letter of October 20th..." [Профессор Перлис уже написал мне о вас, и мне было очень приятно получить Ваше письмо от 20-го октября...]

16 Архив Ершова: Дж. Маккарти – А. Ершову, 2 марта, 1959, 135-363.

17 Архив Ершова: список гостей на приеме в честь Ершова, 32-157.

18 См. раздел о поездке в Архиве Ершова: <http://ershov.iis.nsk.su/archive/eaindex.asp?lang=2&gid=749>

19 Архив Ершова: А. Ершов – Дж.Маккарти, 28 июня 1965, 126-158; Дж.Маккарти – А. Ершову, 13 июля, 1965, 133-75.

20 Архив Ершова: Характеристика на американского ученого Дж. Маккарти, 21 декабря, 1971, 410-28.

тятся с юными советскими программистами в Летней школе и рассказать им о своем видении достижений и проблем искусственного интеллекта²¹.

Переписка позволяет приблизиться к пониманию личных и научных взаимоотношений между Ершовым и Маккарти, а на их примере, и к пониманию циркуляции научного знания между двумя супердержавами и формированию новой научной дисциплины, информатики. Ограничение личных контактов придавало дополнительное значение письмам как основному медиуму. В письмах Ершова и Маккарти практически стерты границы личного и профессионального, и мы можем читать их, не опасаясь нарушить *privacy*. Одно из самых длинных и сложных посланий Маккарти адресованных Ершову, это письмо, написанное в декабре 1965 г. и полученное Ершовым уже в 1966. Согласно письму, его автор предпочитает личные или телефонные научные разговоры, обычно его попытки письменной коммуникации заканчивались ничем: «это второе научное письмо когда-либо законченное мной»²². В результате, написанное в несколько заходов, десятистраничное письмо позволяет заглянуть в ту часть мира Маккарти, которой он хотел поделиться с Ершовым.

В письме Маккарти выдвигает идею приезда в Новосибирск на длительный срок с возможным преподаванием в университете, описывает свои курсы и задания для студентов в Стэнфорде, и интересуется уровнем подготовки и машинными средствами для новосибирских студентов. Научная часть письма посвящена также критике Алгола, обсуждению состояния и перспектив этого международного проекта, привлечшего участие и Маккарти, и Ершова. Помимо упомянутых развернутых сюжетов, письмо содержит различные комментарии и отступления. Спектр тем затронутых в этом письме чрезвычайно широк: Маккарти комментирует старые работы Ершова, планирует будущий приезд в Академгородок, сообщает местные новости и характеристики новых машин, уточняет и исправляет информацию, переданную ранее, делится планами о создании совместной с логиками рабочей группы и своими трудностями по работе в качестве консультанта ИБМ, задает различные вопросы. Конец письма – выражение благодарности за высланные ноты к песенке «Шла собака по роялю...»; в Америке она была запрограммирована и исполнена компьютером²³. Пожалуй, самая важная научная часть письма – краткое изложение взглядов Маккарти на программы как математические объекты. «Я считаю, – пишет Маккарти, – что цель ближайших 5-10 лет – развить математическую теорию вычислений и доказательные программы, которые дадут их пользователю возможность требовать доказательств, произведенных компьютером, что программы соответствуют указанным спецификациям, вместо простого поиска ошибок»²⁴.

Ершов был искренне тронут вниманием щедрого на идеи американца. «Я не знаю другого человека в нашем вычислительном мире, – пишет Ершов в ответном письме, – чьи интересы и подход настолько были бы близки моим. Особенно мне импонирует Ваш интерес к математической теории вычислений и взаимодействию человека и машины. Так же, как, по-видимому, и Вы, Я считаю себя математиком, но в тайне надеюсь, что наша деятельность сможет что-то познать и изменить в реальном мире...»²⁵. Это высказывание Ершова дает ясное представление о существовании общей мировоззренческой платформы, способной нейтрализовать идеологические разногласия капиталистического и социалистического миров при общении ученых – информатиков. По обоим сторонам железного занавеса основатели новой дисциплины верили в силу математических машин стать первым помощником человечества на пути прогресса независимо от политических или национальных барьеров.

Обычно, в истории науки самым первым свидетельством научного сотрудничества является не переписка, а совместная публикация. В случае советско-американских связей совместная публикация не была первой. Во время частых визитов Маккарти в ВЦ, он и Ершов активно сотрудничали по описанию нового символического языка БЕТА. В архиве Ершова хранятся черновики и рабочее описание языка за подписью соавторов²⁶. Но рукопись не была опубликована. С осени 1966 работа над БЕТА-языком полностью остановилась.

Однако в архиве Ершова хранится другой любопытный документ, составленный советским и американским учеными во время визита Маккарти в ВЦ – письмо к международной группе по разработке языка Алгол, членами которой они являлись²⁷. 1968 год вошел не только в историю холодной войны, но и в историю программирования. Он был отмечен завершением работ над новым языком, получившим название Алгол 68. Эти работы сопровождались крупными конфликтами, разделившими рабочую группу на так называемое «большинство», поддерживающее вариант разработанный Аадом ван Вейнгаарденом и «меньшинство», подписавшее манифест о новом подходе к программированию Эдсгера Дейкстры²⁸. Совместное послание Ершова и Маккарти было своеобразным выражением их позиции по отношению к кризисной ситуации.

Письмо, адресованное рабочей группе в форме шуточного поздравления британскому информатику

21 Архив Ершова: За Науку в Сибири, 24 сентября, 1987, 379-7/1, 7/2.

22 Архив Ершова: Дж. Маккарти – А. Ершову, 19 декабря, 1965, 132-229/238, 237: “this is the second time I finished a letter with any scientific content...”

23 Ibid., 132-238.

24 Ibid., 132-231. Маккарти использует идеи из своих публикаций, например: John McCarthy, “Checking mathematical proofs by computer,” *Proceedings Symposium on Recursive Function Theory, 1961* (American Mathematical Society, 1962). John McCarthy, “A Basis for a Mathematical Theory of Computation”, in P. Braffort and D. Hirschberg, eds., *Computer Programming and Formal Systems*, pp: 33-70. (North-Holland, Amsterdam, 1963).

25 Архив Ершова: А. Ершов – Дж. Маккарти, 27 января 1966, 126-105/107.

26 См. раздел о языке БЕТА в Архиве Ершова: <http://erшов.iis.nsk.su/archive/eaindex.asp?lang=2&gid=846>

27 Архив Ершова: Письмо к РГ 2.1, 541-155/156.

28 Об Алголе 68 см. C. H. Lindsey, “A History of Algol 68”, in *History of Programming Languages II*, ed. Thomas J. Bergin and Rick G. Gibson (New York: ACM Press, 1996): pp. 27-83; о конфликте пишет Thomas Haigh, “Dijkstra’s crisis. The end of ALGOL and the beginning of software engineering,” *Computing in many languages: European practices and identities in the early Cold War era*, Gerard Alberts et al., eds., мультискрипт книги, с. 429-465. Также смотри документы в Архиве Ершова: <http://erшов.iis.nsk.su/archive/eaindex.asp?lang=2&gid=587>

Ч.Э.Р. Хоару, одному из диссидентов группы, довольно точно выражает внутренние противоречия проекта и критику меньшинства:

Read our report if you can
Read at your own chosen speed
It's not the kind you wanted, boys
It's not the kind you need
You say you're looking for a book
Not too thick and always clear
To guide you and protect you
From all the bugs you fear
A book to open each and every door...

[Читайте наше сообщение, если только сможете,
Читайте в своем ритме.
Ребята, в нем совсем не то, что вы хотели,
Совсем не то, что Вам нужно.
Вы говорите, что ищите книгу,
Не слишком объемную и совершенно понятную,
Что направит и защитит вас
От всех утешающих вас багов.
Книгу, чтобы распахнуть любую дверь...]²⁹

Существовала и русская версия песни-шутки, от которой сохранился припев:

Подайте нам язык другой.
чтоб не было в нем обмана,
чтобы на нем могла писать
любая обезьяна...
Нет, нет, нет — это не наш язык.³⁰

Сатирический текст, написанный Ершовым и Маккарти, вполне вписывается в установившуюся в группе традицию устных и письменных шаржей, часто направленных на научные идеи и их проводников³¹. И Ершов и Маккарти были многоопытными участниками проекта и могли себе позволить сдобрить сатирой свое мнение по поводу конфликта. Соавторство выражает общность высказанной позиции — лояльность к группе, а не к продукту ее работы — и надежду на разрешение конфликта³².

Как сообщали ученые шутники, «песня исполнялась на музыку «русской народной песни» «Это не я, глупышка» или «It is not me, babe». Сюжет отражает квинтэссенцию многоуровневого научного контакта, где не всегда возможно разделить личное и профессиональное. Выбор оригинальной песни Боба Дилана и аллюзия на ее популярность в Советском Союзе, это очередное свидетельство того, что участники научных контактов выступали одновременно и культурными медиаторами. Обмен научными идеями включал обмен мнениями, популярными журналами и, конечно же, музыкой. Юмор, традиционно считающийся одним из самых сложных и неподдающихся переводу языковых явлений, неизменно сопровождал как встречи мультинациональной рабочей группы по Алголу так и личным встречам Ершова и Маккарти.

Цель моего доклада, не просто продемонстрировать существование научных контактов в области информатики между Западом и Востоком в годы холодной войны, а приблизиться к пониманию условий формирования новой научной дисциплины, пересекающей барьеры политики и пространства от Силиконовой долины до Золотой долины. Международная координация научных задач информатики была возможна благодаря обмену идеями в публикациях, переписке, конференциях и при личных встречах. Кроме рассмотренных в докладе элементов, содействующих научным связям на персональном уровне, таких как техно-утопическое видение прогресса и юмор, решающим фактором выступала, все-таки, позиция властей. Как информатики добивались разрешения на установление контактов и поддержку установившихся связей? Это следующий краеугольный вопрос на пути к транснациональной истории информатики.

²⁹ См. сноску 27.

³⁰ А. Берс, А. Пар. Диалог об Аголе 68. Становление Новосибирской школы программирования: Мозаика воспоминаний, ред. И. В. Поттосин, (Новосибирск, 2001), электронная версия в виртуальном компьютерном музее: http://www.computer-museum.ru/books/n_mozaika/algol.htm

³¹ К. Tatarchenko "Not Lost in Translation": How English Became the Common Language of Information Processing (1960-1974), Computing in Many Languages, с. 253-286.

³² См. сноску 27.

УВК «Самсон» – базовая ЭВМ РСЧН

Терехов А.Н.

Санкт-Петербургский государственный университет
Andrey.Terekhov@lanit-tercom.com

Control System «Samson» – the Basic Computer of the Strategic Rocket Forces

Terekhov A.

Saint-Petersburg State University

1. Введение

Коллектив сотрудников лаборатории системного программирования ВЦ ЛГУ всегда состоял только из математиков – выпускников мат-меха ЛГУ. Но именно в этой лаборатории была разработана новая ЭВМ, не являющаяся копией какой-то иностранной ЭВМ, хотя это было принято в СССР в те годы. Разумеется, после того, как все было придумано и отмоделировано, мы пригласили группу инженеров для её воплощения «в железе», но не было ни одного случая, когда какое-нибудь решение было принято инженерами против воли математиков – это была главная идея проекта.

Создание и особенно внедрение в производство новой оригинальной ЭВМ – большая и трудная задача. Автору доклада не хотелось бы создать впечатление «чертика из табакерки», поэтому я потрачу 2–3 страницы на предысторию, чтобы показать корни проекта, как он развивался, возможно, на конференции по истории ЭВМ это и есть самое интересное.

Кроме того, сразу оговорюсь, что в разработке «Самсона» принимал участие много людей, а во внедрении – и из многих организаций. Возможно, у них несколько иной взгляд на историю «Самсона», но, поскольку я был руководителем лаборатории, где всё начиналось, рискну высказать свою личную точку зрения.

2. Трансляторы

Я закончил мат-мех ЛГУ с отличием в 1971 году (первым защитил диплом в первом выпуске кафедры матобеспечения ЭВМ). Моим научным руководителем был доктор физ.-мат. наук Григорий Самуилович Цейтин – сильный и разносторонний ученый. В то время он руководил лабораторией матлингвистики НИИММ ЛГУ, достиг выдающихся успехов в матлогике и теории сложности вычислений, но основным его увлечением было программирование. Именно он увлек группу студентов идеей реализации Алгола 68 – новейшего в ту пору алгоритмического языка высокого уровня [1]. Кроме того, под руководством Г.С. Цейтина в начале 70-х гг. мы реализовали один из первых в стране диалоговых редакторов текста DICO [2].

В 1974 году я познакомился с Б.А.Бабаяном, под руководством которого создавалась новая ЭВМ «Эльбрус». Нам поручили разработку интерпретатора Автокода «Эльбрус» на ЕС ЭВМ, ответственным исполнителем был Н.Ф. Фоминых [3,4]. Эта работа получила определенную известность. Поскольку выпуск «Эльбруса» задержался на несколько лет, нашим интерпретатором пользовались десятки коллективов по всему СССР. Некоторые важные заказчики расплачивались с нами фондами на ЕС ЭВМ – в те времена серьезная техника не продавалась свободно, а распределялась по фондам. Платить сотруднику больше полутора окладов было невозможно, поэтому нашим единственным интересом были те самые фонды. Мы говорили, что Коля Фоминых просидит где-то в глуши лесов, устанавливая интерпретатор и обучая как им пользоваться, а с ним расплатятся "борзыми щенками". Таким был наш первый опыт предпринимательства. Разумеется, ЭВМ получал ВЦ ЛГУ, но мы сумели договориться с руководством ВЦ, что "нашими" ЭВМ пользуемся только мы.

С 1972 года заведовать кафедрой матобеспечения ЭВМ в ЛГУ стал чл.-корр. АН СССР Святослав Сергеевич Лавров. Под его руководством в 1975 году мы начали еще более крупную работу по программному обеспечению «Эльбруса» (отладочные средства и несколько десятков пакетов прикладных программ), я в это время уже руководил группой в лаборатории системного программирования ВЦ ЛГУ, наша группа совмещала работы по «Эльбрусу» и Алголу 68.

В 1976 году С.С. Лавров был избран на пост директора Института теоретической астрономии АН СССР, его активность в ЛГУ заметно снизилась, в конце концов, он оставил за собой только кафедру матобеспечения ЭВМ. Меня назначили и.о. руководителя большого отдела ВЦ, который был создан специально под работы по «Эльбрусу». Эти работы мы успешно завершили. В дальнейшем наш коллектив от работ по «Эльбрусу» отошел, а С.С. Лавров продолжил со своими студентами, но по другим темам, например, трансляторы с АБВ и Паскаля.

К концу 70х годов работы по транслятору с Алгола 68 для ЕС ЭВМ вышли на заключительную фазу – комплексная отладка на ЕС ЭВМ [5]. Работа приобрела практический, производственный характер, в этот момент Г.С. Цейтин в значительной мере потерял к ней интерес. В течение 2–3-х лет мы еще занимались под его руководством изучением и реализацией языков Искусственного Интеллекта и моделированием действий роботов, но большого интереса эти работы в нашем коллективе не вызвали.

В этот период нашим фактическим научным руководителем стал академик Андрей Петрович Ершов. Он

возглавил рабочую группу по Алголу 68 ГКНТ СССР, я был назначен его заместителем. Мы собирались 4–5 раз в год в разных городах СССР, обсуждали проблемы реализации Алгола 68 для разных ЭВМ (в том числе, и для «Эльбруса»). Одновременно разрабатывалось несколько трансляторов с Алгола 68 под руководством Е.Л. Оущенко, А.Н. Маслова, М.Р. Левинсона, А.Н. Терехова и А.П. Ершова.

Хотя полным успехом завершились только работы под руководством А.Н. Маслова (для «Эльбруса») и А.Н. Терехова (для ЕС ЭВМ), все остальные работы также привнесли много новых идей и дали толчок дальнейшим исследованиям. Отдельного упоминания заслуживает русский перевод Официального Сообщения об Алголе 68. В процессе работы под этим переводом в рабочей группе по Алголу 68 были решены и обоснованы многие важные проблемы терминологии, введены в оборот многие понятия программной инженерии.

Осенью 1976 года я в течение трёх месяцев читал лекции в Будапеште и привёз оттуда первые материалы по языку Ада и магнитную ленту с венгерской реализацией языка Пролог. Пролог мы изучили, выполнили несколько экспериментов, но нам декларативный способ не понравился, по крайней мере, на Прологе. Помню, как долго мы возились с задачей сборки деталей пирамидки из разбросанных на столе кружков разного диаметра. Сейчас я понимаю, что декларативный способ может быть с успехом использован, но только для определенного класса задач.

С языком Ада история интереснее. Мы ожидали, что Аду ждёт успех, поскольку это базовый язык Министерства обороны США. Я решил заняться реализацией языка Ада, используя накопленный опыт реализации Алгола 68. Но тут один из сотрудников нашей лаборатории, Илья Гиндыш, попросил меня отдать эту работу ему. Он на два года старше меня и ему также хотелось попробовать руководить темой. Я с некоторым сожалением согласился. Но уже через полгода руководителем этой темы в нашей лаборатории стал мой молодой выпускник Аркадий Попов. Так я в первый раз понял, что "полки не дают, полки берут". Аркадий Попов решил сделать всё "по науке", а не так, как мы работали над Алголом 68 (мы больше следовали технике быстрого прототипирования). Два года эта группа разрабатывала подробные спецификации, написали два или три толстых тома, но в первые же месяцы реализации натолкнулась на ошибку в проекте, 2 года работы пропали зря. Нет не зря! Мы получили бесценный личный опыт. В конце концов, эта группа завершила реализацию Ады и её окружения на ЕС ЭВМ, а затем и на ПЭВМ. Как и наш транслятор с Алгола 68, реализация языка Ада стала первой в СССР [6].

3. Работа с промышленностью

В 1980 году оборонный отдел Обкома КПСС Ленинграда обратился к ректору ЛГУ В.Б. Алесковскому с просьбой о помощи, а он поручил мне курировать разработки в области ПО для военных заказов. Мне было сказано, что в оборонной промышленности столкнулись с массой проблем при создании ПО систем оборонного назначения, поэтому решено, что ЛГУ в лице нашей лаборатории должен помочь. Моего согласия никто не спрашивал, да в те времена этого и не требовалось. Так мы начали работать с ЛНПО "Красная Заря", "Импульс", "Морфизприбор", "Ленинец", "Аврора", "Гранит" – ведущими предприятиями Ленинграда, работающими в интересах различных родов войск и ведомств. С большинством этих предприятий мы работаем до сих пор.

Первыми из военных организаций к нам обратились сотрудники ЛНПО "Красная Заря" с просьбой помочь в программировании широкого класса задач управления и связи, в частности, создания функционального программного обеспечения (ФПО) телефонных станций, управляемых специализированными ЭВМ (СЭВМ). Несколько лет ушло на изучение предметной области, пробные реализации, решение организационных вопросов. В это время мы свято верили, что, используя хороший АЯВУ (алгоритмический язык высокого уровня), можно добиться существенного (в разы) повышения производительности труда. Никаких сомнений, что лучший в мире АЯВУ – это нами любимый Алгол 68, у нас не было.

Небольшой набор базовых операторов, каждый из которых обладает ясной и точно определённой семантикой, при этом достаточно выразителен и нагляден, плюс мощные правила суперпозиции, позволяющие строить сколь угодно сложные конструкции из простых (признаемся, иногда это превращается в недостаток, когда кто-то слишком умный хочет обязательно воспользоваться всей мощностью языка) дают полное право Алголу 68 считаться языком достаточно высокого уровня. Полный видовой контроль периода компиляции обеспечивает высокую защищённость пользователя от ошибок и одновременно обеспечивает потенциальную возможность генерации эффективного объектного кода. Предоставляемые языком возможности описания новых видов (типов) и операций (а также переописания стандартных операций) в сочетании с возможностью раздельной трансляции и иерархического накопления контекстов дают возможность определять специализированные языки, не выходя за рамки Алгола 68, для которых не надо реализовывать новые трансляторы.

Многие пользователи годами писали программы на кем-то подготовленных для них специализированных языках, не подозревая, что они пишут на Алголе 68 и пользуются одним и тем же транслятором. Мы начали внедрять Алгол 68 в различные организации. Лучше всего получалось внедрение в военные организации, для которых требования надёжности превалировали над всеми остальными требованиями. Военные для своих задач чаще всего применяли не стандартные ЕС, СМ и персональные ЭВМ, для которых у нас трансляторы с Алгола 68 уже были реализованы, а специализированные ЭВМ (СЭВМ). Пришлось в массовом порядке заняться реализацией кросс-трансляторов. Очень быстро мы осознали, что все СЭВМ обладают одной общей чертой – они удовлетворяют самым жёстким инженерным требованиям, но программировать для них, а, тем более, создавать для них трансляторы, очень тяжело. Видимо, создатели этих СЭВМ не задумывались о проблемах программирования.

4. HLL-компьютер «Самсон»

Мы решили создать свою ЭВМ, следуя принципу «спасение утопающих – дело рук самих утопающих». Эта идея созревала очень долго.

Во-первых, создавая ПО для «Эльбруса», мы прониклись идеей HLL- компьютеров (компьютеров, ориентированных на поддержку основных операторов АЯВУ). Мы любили отечественную ЭВМ «Эльбрус» и не любили «цельносозданные» ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ. Но нам не нравилось, что «Эльбрус» очень большой и требует водяного охлаждения, у этой ЭВМ главной задачей было обеспечение сверхвысокого быстродействия. За то, что мы сделали большой комплекс ПО для «Эльбруса», нам дали фонды на эту ЭВМ для мат-меха, который как раз в это время (1979 год) переехал в Петергоф. Мы построили зал площадью 500 квадратных метров, градирню (специальный бассейн для очистки воды), получили первые ящики с оборудованием, но тут университетские инженеры буквально взбунтовались. Они несколько раз съездили на завод – изготовитель, познакомились с правилами эксплуатации и заявили, что в университетских условиях обеспечить все необходимые требования невозможно. С огромным сожалением от идеи установки «Эльбруса» на мат-мехе пришлось отказаться.

Во-вторых, следуя предложенной Н. Виртом идее Р-кода, которую он применял для переноса транслятора с языка Паскаль на разные ЭВМ (то, что у него была и аппаратная реализация в виде ЭВМ Lilith, мы тогда не знали), мы решили разработать полноценную архитектуру виртуальной ЭВМ. Тогда появились первые однокбайтовые микропроцессоры 6502 и i8080 и первые персональные ЭВМ. Мы реализовали для них интерпретаторы нашей виртуальной ЭВМ и транслятор с Алгола 68 в её коды (Н.Н. Вояковская, Б.А. Федотов), получив возможность удобной работы в 16-разрядной архитектуре [7]. При замедлении в 4-5 раз мы в 2-3 раза выигрывали в длине объектного кода (за счёт более высокого уровня системы команд), что тогда было очень важно. Чаще всего, первые персональные ЭВМ имели только 64 кб оперативной памяти, но микропроцессоры уже были довольно быстрыми.

Итак, мы решили создать HLL-компьютер, пусть он не будет такой быстрый, как «Эльбрус», но он должен быть маленьким, без водяного охлаждения, но, всё-таки, с приличной производительностью. К этому моменту мы изучили несколько зарубежных HLL-компьютеров, знали мы, разумеется, и архитектуру советского HLL-компьютера «Мир», разработанного под руководством В.М. Глушкова в Киеве. Оказалось, что обычно HLL-компьютер примерно в 2 раза дороже сопоставимого с ним по скорости традиционного компьютера. Хотелось как-то решить эту проблему.

Вначале мы решили сделать специализированный HLL-компьютер. В это время мы уже работали с ЛНПО «Красная Заря», хорошо знали УК1010, СУБК СС, СУБК СМ, «Нева» и другие СЭВМ, ориентированные на телекоммуникационные задачи. Но из идеи специализированного для телекоммуникационных задач HLL-компьютера ничего не вышло. Для установления соединения нужны логические команды, работа с битовыми шкалами, арифметика целых чисел. Для техобслуживания нужна работа со строками, файлы, диалог с оператором, сетевые возможности и т.д. Таким образом, нам нужна именно универсальная ЭВМ, несмотря на то, что она применяется в достаточно узкой предметной области.

Пару лет мы пытались как-то выйти из этой ситуации: универсальные ЭВМ дороги и громоздки, СЭВМ не могут решить задачу полностью. Я знаю АТС, в которой три разных ЭВМ с разными ОС управляют собственно телефонией, техобслуживанием и управлением сетью соответственно. Представьте, сколько нужно офицеров, чтобы обеспечить сопровождение этой АТС?

Решение этой задачи было подсказано нашим опытом разработки трансляторов. Сначала мы заметили, что существенную часть любой ЭВМ составляют схемы контроля, более того, мы видели ситуации, когда ЭВМ не работала именно из-за ошибок в схеме контроля. Отключаешь схему контроля – и всё в порядке! Потом мы заметили, что многие проверки, выполняемые аппаратурой, повторяют аналогичные проверки, которые перед этим делал транслятор с АЯВУ. Поскольку мы разрабатывали и архитектуру ЭВМ, и её системное ПО, мы решили, что подобная избыточность нам не нужна. Мы решили создать ЭВМ, для которой в принципе нельзя составлять программы на ассемблере, тем более, в кодах. Наша технологическая цепочка всегда включает трансляцию с АЯВУ, поэтому то, что проверил транслятор, аппаратура должна принимать "на веру". Зачем нужна проверка на неправильный код операции, неправильный номер регистра или некорректную адресацию, если транслятор такого не генерирует?

Транслятор и операционная система гарантируют, что если на какой-то сегмент памяти есть ссылка (в виде физического адреса) из стека адресов, то этот сегмент не может быть переписан в какое-то другое место в памяти. Поэтому возможна очень эффективная реализация виртуальной памяти. Транслятор может точно подсчитать аппетит каждой процедуры на регистры в стеке, поэтому не нужны аппаратные проверки на переполнение или исчезновение стека. Таких примеров, когда транслятор помогает упростить аппаратуру, нашлось много. Но и хорошо спроектированная аппаратура может облегчить реализацию транслятора. HLL-компьютеры содержат не только простые команды «сложить», «вычитать», «перейти», но и такие сложные, как «вызов процедуры», «цикл», «вырезка элемента массива», что упрощает транслятор.

Очень важна ортогональность системы команд, например, в ЕС ЭВМ нам очень досаждали такие случаи: сложение, вычитание и умножение полуслов есть, а деления полуслов – нет; сложение и вычитание слов требуют одного регистра, а умножение и деление слов – двух и так далее. При проектировании «Самсона» мы стремились избежать таких глупостей, хотя иногда приходилось тратить лишний код операции для очень редко используемой команды, чтобы сохранить ортогональность.

Оказалось, что гарантировать корректную работу аппаратуры мы можем только для статических АЯВУ с полным контролем типов в период компиляции таких, как Алгол 68, Паскаль, Модула 2, Ада, но не таких, как С и PL/I. На этих принципах нам удалось создать компактную ЭВМ, мы дали ей имя «Самсон» [8], но не в честь сильного и легковверного библейского героя, а в честь самого большого фонтана у нас в Петродворце. Мы получили 3 авторских свидетельства (общая организация, совмещение регистров со стеком, организация виртуальной памяти), решили несколько интересных научных задач, привлекли в лабораторию много хороших студентов. Прежде чем был спаян хоть один провод, мы долго экспериментировали на моделях, отражающих потактовую структуру ЭВМ. Многие команды были включены в состав архитектуры именно в результате моделирования.

Реализацией потактного симулятора занималась моя дочь Карина Терехова – тогда студентка младших курсов мат-меха. Мы с ней прогоняли сотни тестов, исследуя статическую и динамическую статистику использования разных команд и определяя, сколько тактов занимает исполнение того или иного теста. После каждого прогона теста мы брали только верхние по частоте 20-25 команд. Штук 5 команд исполнялись миллионы раз, следующие по частоте 10 команд – сотни тысяч раз, еще десяток – десятки тысяч раз, а остальные – сотни или тысячи раз, что для нас было неинтересно.

Верхнюю строку всегда занимала команда «читать из памяти в стек целых» (40%). Нам удалось сделать однобайтовую команду, которая читала на стек одну из первых 15 переменных процедуры. Оказалось, что практически всегда только эта команда и используется, поскольку редко встречаются процедуры с большим числом локальных переменных.

Каждый год на курсе «Архитектура ЭВМ» я рассказывал студентам, как, сидя на колхозном поле, обрубая хвостики морковки, я уговорил Колю Фоминых подумать, как сделать более эффективную реализацию этой команды. Коля полдня отнекивался, а потом все-таки придумал, как вместе 4 тактов сделать 3. Только за счет этого мы повысили производительность «Самсона» на 10%!

Команда «условный переход по ложному условию» занимала 10% всех исполняемых команд (понятно почему – if, while), а команда « $\Rightarrow$ » – 8%. Мы их склеили (получив команду «переход по равно») и выиграли 1 байт длины кода и 2 такта исполнения. Таких примеров можно привести множество. Само собой разумеется, из целей ортогональности и облегчения трансляции мы ввели команды «переход» по всем шести типам сравнений, хотя остальные команды использовались не так часто.

Мы объездили несколько заводов в СССР с предложением наладить выпуск нашей машины. Но везде натолкнулись на отказ по той причине, что у нас не было западного прототипа. Такие тогда были времена. Нас выручил завод "Оргтехника" в г. Пловдиве (Болгария), который был побратимом Ленинграда. Все работы были оформлены как подарок к 70-летию советской власти, успешная демонстрация работы новой ЭВМ членам Политбюро БКП и нашим партийным начальникам состоялась 5 ноября 1987 года в 14 часов. В 12 часов "Самсон" еще не работал, мы не спали двое суток, под "горячую руку" попал даже наш ректор В.Б. Алесковский, о чем он со смехом напомнил мне через много лет.

Болгары выпустили 100 экземпляров «Самсона», только после этого нам удалось убедить нашего основного заказчика в СССР – Управление правительственной связи КГБ. Для этого пришлось дополнительно разработать троированную архитектуру с очень высокой надёжностью. Но система команд была точно такая же, поэтому болгарский «Самсон» использовался как инструментальная ЭВМ.

Собственно, идея троированного компьютера (три процессора, три памяти, три входных мажоритара и три выходных) принадлежит не нам. Нам была известна троированная ЭВМ «Микрон», созданная в НИИ АА под руководством академика В.С. Семенихина. Мы использовали такую же структурную схему, но вся реализация была своя.

Очень важной идеей, которую мы реализовали в «Самсоне», было динамическое микропрограммирование. Н.Ф. Фоминых предложил удобную технологию микропрограммирования на Алголе 68 [9], которая в десятки раз упростила эту сложную задачу. Для стандартной системы команд «Самсона» мы занимали не более двух третей микропамяти, оставшуюся треть пользователи занимали для команд, придуманных специально для их приложений. Во многих случаях это позволяло ускорить критичные по времени фрагменты программы в 10–20 раз.

Возможность микропрограммирования дополнительных команд была известна давно, например, все ЕС ЭВМ Ряда 2 этой возможностью обладали. Но никто не пользовался этой возможностью по причине высокой сложности работы. Мы превратили эту работу в деятельность, доступную даже студентам.

Первой реализацией троированного управляющего вычислительного комплекса (УВК) «Самсон» была центральная ЭВМ АМТС «Фобос-К» Управления правительственной связи КГБ [10]. К сожалению, эта АМТС по причинам, весьма далеким от науки и техники, в серию не пошла. Тогда, воспользовавшись связями в Оборонном отделе Обкома КПСС, я договорился с ЛНПО «Импульс» о выпуске этого УВК. Сотрудники «Импульса» (особо надо упомянуть В.П. Самецкого и В.М. Зуева) переработали конструктив и отдельные элементы «Самсона» под свои требования, мы доработали инструментальные средства разработки. В 1992 году министр обороны России Грачев подписал приказ о принятии УВК «Самсон» на вооружение РВСН. Долгие годы это все было большим секретом, но в 1999 году РВСН праздновали свое 40-летие, к этому торжественному моменту была выпущена красочная толстая брошюра на мелованной бумаге. Первые 14 страниц посвящены УВК «Самсон», причем на 10-ой странице есть фраза «Архитектура и ОС УВК «Самсон» разработаны при помощи ГУП «Терком» и ЛГУ». Сначала эта фраза меня покорила, но затем я осознал, что брошюра не содержит грифа, так что секрета больше нет. Теперь в курсе «Архитектура ЭВМ» я рассказываю студентам про HLL-компьютеры на примере УВК «Самсон». Я не думаю, что кто-то из моих выпускников будет на нем програм-

мировать, здесь главный интерес – как и почему всё это делалось. Часто перед рассказом какого-то раздела я спрашиваю у студентов, как бы они решили какую-то задачу построения архитектуры и иногда даже получаю ответы.

Сейчас по заказу ФГУП «НИИ автоматики» (г. Москва) мы разрабатываем новый отказоустойчивый вычислительный комплекс (уже прошли испытания макета). Насколько мы знаем, "Самсон", принятый на вооружение в 1992 году, до сих пор активно используется во многих важных системах.

Список литературы

1. Алгол 68. Методы реализации. Под ред. Г.С. Цейтина. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1976 г., 224с.
2. С.Н. Баранов, А.Н.Терехов, Г.С. Цейтин «Инструкции к программе DICO», Методические материалы по программному обеспечению ЭВМ. Серия 4. Выпуск 5. Изд. ЛГУ, 1974 г.
3. Н.Ф. Фоминых «Интерпретатор автокода МВК «Эльбрус» для ЕС ЭВМ», диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, Ленинград, 1987 г.
4. Гиндыш И.Б., Попов А.П., Рухлин А.П., Терехов А.Н., Фоминых Н.Ф., Швецова Г.А. «Интерпретатор АК ЛГУ для ЕС ЭВМ», изд. ЛГУ, 1981 г.
5. Дейкало Г.Ф., Новиков Б.А., Рухлин А.П., Терехов А.Н. «Новые средства программирования для ЕС ЭВМ. Транслятор с языка Алгол 68 и диалоговая система JEC», «Финансы и статистика», М., 1984г.
6. Попов А. П. «Методы реализации языка Ада», диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, Ленинград, 1987 г.
7. Матиясевич Ю.В., Терехов А.Н., Федотов Б.А.»Унификация программного обеспечения микроЭВМ на базе виртуальной машины», «Автоматика и телемеханика», N5, М., 1990 г.
8. Евстюнин М.В., Кожокар С.К., Терехов А.Н., Уфнаровский В.А. «Как Паскаль и Оберон попадают на «Самсон», Монография по технике программирования. Кишинев, «Штиинца», 1992 г.
9. Н.Ф.Фоминых, Использование стандартного расширяемого алгоритмического языка в микропрограммировании. В сб.: Диалоговые микрокомпьютерные системы. М., МГУ, 1986 г.
10. С.А. Валдаев «Связь, которая не подведет», М., Славянский диалог, 2001 г.

Мини-ЭВМ «Электроника-100» – шаг к гражданским системам реального времени

Трояновский В.М.
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
troy40@mail.ru

Design of Electronica-100 Minicomputer as a Step to Creating Nondefense Real-Time Systems

Trojanovsky V.
National Research University MIET

В 1945 г. побежден фашизм. В том же году в США 200 инженеров создали первую в мире ЭВМ ENIAC (сокр. от Electronical Numerical Integrator and Calculator – Электронный числовой интегратор и вычислитель). В том же году американцы сбросили первые в мире атомные бомбы на Японию. Спустя полгода из Фултона прозвучала речь У. Черчилля, гостившего тогда в США. Так начало эры компьютеров совпало с началом «холодной войны».

Заметим, что ENIAC начали конструировать с 1943 г., и эта машина использовалась [1], в частности, для вычислений, связанных с созданием водородной бомбы.

В 1946 г. появилась информация об ENIAC, созданной под руководством Джона Мочли и Преспера Экерта. В машине использовалось 18 000 электронных ламп, и она выполняла около 3 000 операций в секунду. Однако машина оставалась десятичной, а ее память составляла лишь 20 слов. Программы в этой первой ЭВМ хранились вне оперативной памяти. В 1949–52 гг. ЭВМ создают ученые Англии (Морис Уилкс, «ЭДСАК», 1949 г.), а в США создается ЭВМ с хранимой в памяти программой (Джон Мочли и Преспер Экерт, Джон фон Нейман «ЭДВАК», 1952 г.).

Наша страна после разрушений войны оказалась в роли изолированной и догоняющей. Собственные научные разработки, начинавшиеся еще до войны, были засекречены, для получения новейшей научной и технической информации использовались не только научные публикации, но и закупка аппаратов и устройств через третьи страны. В 1948 году организован Институт точной механики и вычислительной техники АН СССР. Работы по созданию вычислительной техники начаты в ведущих научных организациях страны. Только перечисление важнейших этапов этих работ (1941–78 г.г.) заняли несколько страниц в книге Б.Н. Малиновского «История вычислительной техники в лицах» [2]. А вот некоторые детали, описанные в этой книге, и почерпнутые из других источников.

В 1950–1953 г.г. 18 инженеров под руководством акад. С.А. Лебедева создали в Киеве первую в СССР ЭВМ «МЭСМ». Машина заработала практически сразу, ошиблись только в тепловом режиме: «Когда машину включили, 6000 электронных ламп превратили помещение в тропики. Пришлось разобрать часть потолка, чтобы отвести из комнаты хотя бы часть тепла».

Одновременно в Москве под руководством член-корр. И.С. Брука создается ЭВМ «М-1», содержащая 730 электронных ламп, запущенная в опытную эксплуатацию в начале 1952 г.

Как прямо указывает Б.Н. Малиновский, «вычислительная техника с первых дней возникновения стала использоваться в военных целях». Так акад. С.А. Лебедев был засекреченным Главным конструктором противоракетной обороны (ПРО) страны, под его руководством велись работы в интересах Курчатовского института. Позже акад. В.С. Бурцев, один из опытейших конструкторов советских вычислительных машин, являлся и конструктором систем военного назначения, систем противовоздушной и противоракетной обороны. СпецЭВМ ряда «Диана» создавались для РЛС, в 1957–60 г.г. спец.управляющие ЭВМ создавал М.А. Карцев. Разработанные в Ленинграде несколько прорывных для своего времени проектов прошли многолетнюю, а точнее - многодесятилетнюю проверку в серийном производстве на многих заводах нескольких отраслей промышленности, а также в процессе эксплуатации в войсках и на кораблях Военно-Морского флота СССР, России и ряда стран мира [3]. В Математическом институте им. В. А. Стеклова, созданном М. В. Келдышем и преобразованном затем в Институт прикладной математики АН СССР (ныне ИПМ РАН им. М.В. Келдыша) первым результатом работы отдела программирования, которым руководил М.Р. Шура-Бура, было создание на ЭВМ «Стрела» программ для расчета энергии ядерных взрывов (1953—1955). В середине 1950-х годов отдел программирования был привлечен М.В. Келдышем к расчетам траекторий искусственных спутников Земли (ИСЗ). Разработанные отделом программы для ЭВМ «Стрела», а затем «М-20», обеспечивали круглосуточный режим обработки траекторных ИСЗ. Они использовались с 1957 года при запуске ИСЗ, полете Ю. А. Гагарина в 1961 году и затем в течение последующих 10 лет.

Стоит упомянуть, что технико-экономические характеристики первых ЭВМ по нынешним меркам были крайне низки, но сам факт появления ЭВМ был оценен по достоинству. Уже в 1952 г. известный математик А.А. Ляпунов, участвовавший в работе Госкомиссии по приемке «МЭСМ», поставил и прочел на факультете МехМат МГУ первый в стране курс о принципах программирования на ЭВМ. В том же году появился первый советский учебник по программированию «Решение математических задач на автоматических цифровых машинах. Программирование для быстродействующих электронных счетных машин», написанный М.Р. Шура-

Бурой в соавторстве с Л.А. Люстерником, А.А. Абрамовым, В.И. Шестаковым. В 1951 году физико-технический факультет Московского университета преобразован в Московский физико-технический институт (МФТИ), где студентов старались с младших курсов включить в исследовательский процесс. Московский инженерно-физический институт (МИФИ) тесно сотрудничает с расположенным по соседству Курчатовским институтом и готовит для него кадры инженеров и ученых.

В 1956 г. И.С. Брук выступил с докладом на сессии АН СССР по автоматизации, где изложил главные направления промышленного применения ЭВМ. В 1958 г. под его руководством составлена записка «Разработка теории, принципов построения и применения специализированных вычислительных и управляющих машин». Впервые в отечественной практике рассматривались вопросы применения ЭВМ не только для традиционных областей (физика, математика и др.), но и для управления технологическими процессами и экономикой. В 1956 г. создана Лаборатория управляющих машин и систем АН СССР, а в 1958 г. – Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ), где И.С. Брук стал первым директором.

Однако закрытость разработок, разнородные идеи у первопроходцев компьютерной техники, малое количество ЭВМ – все это сдерживало широкое распространение машин, хотя интерес к ним был огромен, а дорогое машинное время, скупо предоставляемое на уже работающих ЭВМ для «внешних потребителей», расписывалось на много дней вперед. Но на этих ЭВМ первого поколения оттачивались идеи и практика работы с компьютерами. Из своего опыта могу сказать, что при освоении азов программирования в конце 60-х годов мне очень помогла книга М.Р. Шуры-Буры по программированию на ЭВМ М-20 [4].

Низкая технологическая культура отечественного производства и отсутствие стандартизации при производстве столь сложной техники, как ЭВМ с ее тысячами элементов, вели к дороговизне и низкому качеству, как комплектующих изделий, так и машин в целом. Существовала практика дополнительной отбраковки комплектующих прямо на заводе-производителе, и при этом активно использовался административно-командный ресурс. Поэтому, когда в 1964 г. фирма IBM объявила о создании семейства компьютеров System-360, это было воспринято как важнейший шаг к унификации, совместимости и стандартизации компьютеров. Несмотря на активное возражение таких известных ученых, как С.А. Лебедев, Б.И. Рамеев, В.М. Глушков, М.К. Сулим и др., руководством нашей страны было принято повторить («советизировать») американскую систему машин IBM-360. Как свидетельствует [5], «это решение, выглядевшее весьма заманчиво – использовать отработанную и апробированную в течение 5 лет и уже хорошо зарекомендовавшую себя серию IBM с целью быстрого и дешевого внедрения ее в народное хозяйство, открывая широкий доступ к весьма богатому программному обеспечению, созданному к тому времени за рубежом. Но все это являлось лишь тактическим выигрышем, стратегии же развития отечественной вычислительной техники был нанесен мощный нокаутирующий удар... Модели ЕС ЭВМ (особенно первые) являлись далеко не лучшими копиями соответствующих оригиналов серии IBM/360».

В 1970-е годы произошло «разрезание» компьютерной промышленности на 3 части: микроэлектронные элементы (производитель Министерство электронной промышленности – МЭП), универсальные ЭВМ (Министерство радиопромышленности – МРП) и управляющие ЭВМ (Министерство приборостроения, автоматики и систем управления ПСА и СУ). В результате каждое из министерств стало разрабатывать полную гамму вычислительных средств, не очень стараясь помогать друг другу. К этому времени в развитии мировой вычислительной техники произошел важный шаг, связанный с появлением миниЭВМ.

В 1954 г. в Линкольнской лаборатории Массачусетского технологического института (МТИ) был изготовлен первый транзисторный компьютер TX-0. Предназначался он исключительно для того, чтобы с его помощью спроектировать «серьезную» ЭВМ TX-2, что в конце концов и было реализовано. Главным же в этой истории было то, что в процессе разработки приобрел должный опыт Кеннет Ольсен (Kenneth Olsen, 1926), бывший моряк, прошедший войну, по своему первому образованию – специалист по радарам. В 1957 году он основал собственную компанию DEC (Digital Equipment Corporation), стратегия которой была направлена на создание массовых недорогих ЭВМ.

Как описывает [6], «Первенцем был PDP-1, в котором были реализованы опыт и знания, полученные в Массачусетском технологическом институте в рамках проектов, выполненных там с участием и под руководством Олсена, и в основном, предназначавшиеся для проектов, связанных с созданием ядерного вооружения. Надо сказать, что МТИ был в те годы кузницей кадров и одним из основных исследовательских центров для атомной энергетики, чем сильно напоминает МИФИ, но с более сильной лабораторной базой. Работавший там Олсен предпринял довольно необычный по тем временам шаг: он одним из первых начал преобразовывать университетские разработки в коммерческие продукты, потом его опыт стали повторять другие. Создавая собственное дело, Олсен вознамерился предоставить рынку в качестве альтернативы мэйнфреймам IBM небольшие и недорогие компьютеры».

Отметим вновь милитаристскую направленность работ над уже транзисторным, а затем и микросхемным исполнением новых поколений ЭВМ: «Создание мобильных сейсмостанций, используемых для мониторинга ядерных испытаний, стало на тот момент очень актуальной задачей. Нужен был компактный компьютер, и заказ на него поступил в DEC от Конгресса США; компьютер, оставшийся до того безымянным, нарекли Programmed Data Processor (PDP). Затем поступили заказы от NASA, от коммерческих организаций, и в итоге PDP-1 стал выпускаться большой серией. За десять последующих лет было выпущено несколько тысяч компьютеров».

С появлением фирмы DEC и миниЭВМ произошел еще один качественный скачок. Л.Черняк констатирует, что «на тот момент компьютерной индустрии как таковой не существовало, не было никакого разделения

труда, почти никто не занимался изготовлением комплектующих изделий. Компьютеры собирались из универсальных радиотехнических элементов кустарным образом, с большой долей ручного труда. Поэтому первые три года с момента основания компании ушли на создание технологии для производства будущих компьютеров. Это был очень точный, оправдавший себя шаг. Благодаря организации серийного производства этой машины компания DEC отработала технологию производства, выработала рациональное отношение к программному обеспечению, причем не на академическом уровне, а с учетом требований конечных пользователей. В частности, компания научилась выпускать великолепную пользовательскую документацию, что стало тоже немаловажным фактором последующего успеха... Влияние DEC распространилось на весь мир; трудно назвать такую сферу применения компьютеров, которая обошлась без продуктов, произведенных DEC или ее последователями. Они клонировались многими странами, в том числе и в СССР».

В апреле 1965 года началось производство PDP-8, 12-разрядных ЭВМ, и эта машина стала первым в мире массовым компьютером, с августа 1968-го начали производить PDP-8/L на интегральных микросхемах. При своих 12 разрядах машина позволяла прямо адресоваться всего к 4К слов, с наращиванием адресного пространства до 32К слов «кубами» по 4К, и как скоро выяснилось, этого было достаточно для решения весьма широкого круга задач управления оборудованием. Хотя «машина PDP-8 была создана по заказу канадской энергетической компании для управления ядерным реактором, ... Олсен, получив этот заказ, решил отказаться от традиционного подхода, предполагавшего создание специализированной машины, и спроектировать универсальную, для которой задача данного заказчика была бы одной из возможных»!

Изменился не только размер компьютеров, но и сама идеология их построения и применения, ориентированная на малые фирмы, научно-исследовательские лаборатории, стендовое оборудование. Здесь ценится наличие минимального «ядра», возможность его наращивания по заказу, подключения широкого спектра внешних устройств, в том числе для ввода/вывода разнообразных сигналов, и работа не в пакетном режиме, а в режиме реального времени с использованием прерываний.

Вновь процитируем впечатления Л. Черняка от выставки американской вычислительной техники, проведенной в 1970 году в Сокольниках: «Чаще всего компьютеры использовались для управления технологическими процессами. Работая даже в одном НИИ, мы в каждом отделе лепили десятки разных монстров, несовместимых между собой управляющих машин, одну для химического реактора, другую для магнитно-динамического генератора, третью еще для чего-то, а тут вдруг компактная, красивая универсальная управляющая машина. Это было потрясающе... В СССР клоны «восьмерки» – компьютеры МР12 почти 15 лет находились в составе бортовых регистрирующих станций, которые использовала Центральная комплексная геолого-геофизическая экспедиция. Без всяких сбоев и неполадок они отлетали в самых тяжелых условиях на вертолете МИ-8 тысячи часов, включая полеты над зоной Чернобыльской катастрофы».

Но обратимся не к специальным, а к гражданским применениям аналогов PDP-8. Для промышленного выпуска изделий нужны стенды и высоко автоматизированное оборудование. И в середине 60-х г.г. лидером этого направления признавалась американская фирма DEC. Вполне естественным выглядит решение МЭП воспроизвести у себя хорошо зарекомендовавшую себя модель PDP-8 и использовать ее для автоматизации собственного производства. С одной из таких моделей – «Электроникой-100», воспроизведенной в Воронежском ПО «Электроника» и серийно выпускавшейся в Калининграде – поработал и автор этой статьи. Следует отметить, что вместо американского телетайпа в «Электронике-100» использовали чешскую электрифицированную печатающую машинку «Консул-254», а также встроенные и периферийные устройства (таймер, АЦП), выпускаемые как самим Калининградским заводом, так и поставляемые по кооперации.

На опытно-показательном заводе «Хроматрон», где изготавливались первые в стране цветные кинескопы, создавалась комплексная система автоматизации предприятием, удостоенная в 1974 г. Государственной премии СССР. С использованием «Электроники-100» были разработаны две подсистемы для автоматизации технологических процессов, причем первая заработала уже через 2 месяца. И хотя фактически был задействован один контур управления и распечатка сведений о каждом измерении, эта АСУТП была тиражирована впоследствии на 3 заводах и проработала еще 16 лет, т.к. за счет оптимизации режима травления приносила экономический эффект.

Для второй подсистемы распечатка необходимых сводок «в лоб» с помощью медленного «Консула» не вписывалась во временные рамки решения всех остальных задач подсистемы. А рядом, в другой подсистеме, работала ЭВМ «Электроника К-200», и шепотом говорили, что это – гражданский аналог Боевой Информационно – Управляющей Системы «УЗЕЛ» для подводных лодок. Подумалось, что для таких-то систем наша скромная задача диспетчирования – просто пустяк! Попросили показать документацию, сопровождавшую ЭВМ «Электроника К-200» на заводе «Хроматрон». В документации относительно этой задачи значилось следующее: работа организована по принципу: «Первым пришел – последним вышел»!

Пришлось нам самим за несколько месяцев разработать для «Электроники-100» так называемую «программу-диспетчер», фактически реализовавшую важнейшие функции операционной системы реального времени (мультипрограммный режим работы, работа по прерыванию, наличие служб времени, ввода/вывода, учет приоритетов и др.). На базе этой универсальной программы удалось решить еще немало задач по созданию АСУТП как в Москве, так и в Зеленограде.

Сейчас можно только удивляться, как эту программу, какой не было и у американского прототипа машины, удалось реализовать в 2К 12-разрядной ЭВМ, оставив еще 2К для всех остальных задач! По современным меркам [7], говоря словами Академика РАН, директора Института системного программирования РАН, заведующего кафедрой системного программирования ВМиК МГУ, председателя Российской ассоциации свобод-

ного программного обеспечения (РАСПО) В.П. Иванникова «Операционная система – небольшая программа. Ну, семь миллионов строк... Нужно делать микроядро операционной системы, которое состояло бы не из семи миллионов строк, а скажем, из нескольких десятков тысяч, но чтобы код этот действительно не содержал ошибок. Это безумная задача. Но для маленьких программ она может быть решена».

И мы эту задачу решили, а свой опыт (все алгоритмы и даже коды программы-диспетчера) изложили в книге [8]: Акушский И.Я., Трояновский В.М. «Программирование на «Электронике-100» для задач АСУТП», изданной в 1978 г. «Советским радио» тиражом 23 тыс. экз., т.е. практически для каждого программиста, работающего на выпущенных миниЭВМ. Первая часть книги – фактический учебник по этой новой тогда ЭВМ, вторая часть книги содержит описание новых научных и технических результатов по применению статистических методов в управлении производственными процессами и построению программ реального времени.

О важности такой открытости я впоследствии получил два подтверждения. Первый раз это случилось на конференции в Северодонске в том же 1978 г., где рассматривались вопросы разработки миниЭВМ ряда «Параметр», «М-600», «М-7000», которые воспроизводились в Минприборе с американских аналогов фирмы HP. Круг обсуждавшихся вопросов уж очень близко соприкасался с рассмотренными в моей книге. Самой книги у меня с собой не оказалось, и я пошел в книжный магазин, чтобы иметь отработанный материал для дискуссий. И что же? В городе, где разрабатывались машины совсем иной архитектуры, книги не оказалось, сказали – давно распродана!

В другой раз свою книгу про «Электронику-100» я увидел в конце 90-х годов в руках у студента-вечерника в МИЭТ, который на мой вопрос: «Зачем ему эта книга – ведь ЭВМ-то уже давно не выпускается?» - ответил: «Здесь ценные алгоритмы!». Уместно вспомнить, что для АСУТП стандарты предусматривают наличие 5 минимальных компонент: техническое обеспечение, программное обеспечение, информационное обеспечение, организационное обеспечение и обслуживающий персонал. Практически всем этим компонентам и их открытым, гражданским применениям послужила наша книга.

Был еще один аспект применений «Электроники-100». Для технического обеспечения АСУТП важную роль играют устройства связи с объектом (УСО). В СКБ Калининградского завода для этой цели выпускались отдельные устройства. Но миниЭВМ выпускались уже десятками в месяц (против единиц – для больших ЭВМ), а надвигавшиеся микроЭВМ – уже сотнями и даже тысячами в месяц. Тут МЭП выступал своеобразным локомотивом научно-технического прогресса в нашей стране. Но как быть с периферийными устройствами для ЭВМ и УСО?

Во всем мире эти вопросы тоже остро стояли, и решение, как ни странно, предложили физики-ядерщики. В международном ядерном исследовательском центре (Цюрих, Швейцария), где ставилось самое лучшее и передовое оборудование, включая разнородные ЭВМ, возникла проблема унификации устройств сопряжения ЭВМ с научным оборудованием. Специальный комитет на протяжении ряда лет выработал концепцию создания безлицензионного оборудования САМАС (Computer Aided for Measurement And Control – Контроль и измерение с помощью ЭВМ). И такое оборудование, выполняющее фактически роль модульного УСО, легко сопрягаемого с любыми ЭВМ, стало разрабатываться и выпускаться в разных странах. Термин «САМАС» в нашей стране легко преобразовали в «КАМАК», а за выпуск аппаратуры взялся тот же Калининградский завод. Первой отечественной ЭВМ, к которой КАМАК был подключен, оказалась «Электроника-100». Однако КАМАК, принятый в нашей стране за стандарт в академических учреждениях, оказался слишком изящным для задач АСУТП, о чем мне пришлось написать специальную статью [9], кстати – первую публикацию о КАМАКе на русском языке.

В ходе работ с «Электроникой-100» был приобретен бесценный и многогранный опыт, использованный при разработке программного обеспечения для первых отечественных микроЭВМ. За счет применения первых микроЭВМ ряда «Электроника-НЦ» удалось повысить эффективность использования импортного прибора для научных исследований в 20 раз. Автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления для цеха производства микросхем на пластинах, за счет удачных архитектурных и аппаратно-программных решений, а также научно-обоснованного подхода, обрела высокую надежность и живучесть, несмотря на наличие в системе потенциально ненадежных элементов.

Автор является Главным конструктором по оснащению всего семейства отечественных диалоговых вычислительных комплексов (ДВК) базовым программным обеспечением и их применению в САПР изделий электронной техники системы «Кулон-III». В СССР к 1985 г. было изготовлено и внедрено ДВК больше, чем всех остальных ЭВМ, вместе взятых. Работы по созданию ОС ДВК дали экономический эффект в миллионы рублей.

И это все – просто следующие шаги от первых применений «Электроники-100». Конечно, они становились все увереннее, привлекали все больше молодежи, переросли в преподавание в вузе и написание учебных пособий [10]. Но, может быть, преувеличена значимость гражданских применений ЭВМ? Увы, опыт фирмы DEC свидетельствует об обратном. Архитектура 16-разрядной ЭВМ PDP-11 оказалась столь простой, надежной и удачной, что была принята в качестве стандарта для военных применений в США. Ряд PDP-11 постоянно пополнялся, включая в себя с одной стороны микроЭВМ LSI-11/03, а с другой стороны – супер-миниЭВМ PDP-11/70.¹ Вслед за PDP-11 появились вычислительная сеть DECnet и совместно с Intel и Xerox создан Ethernet, разработаны 32-разрядные VAX и микроVAX, но...

¹ Среди других зарубежных фирм, связанных с миниЭВМ, а позднее – с микроЭВМ (начало-середина 70-х г.) и персональными компьютерами (середина 80-х г.) следует указать HP, Intel, Apple, IBM.

Обращает на себя внимание тот факт, что открытый фонд программного обеспечения для DEC-программ был создан только в 1987 году. Военные приложения сыграли с ЭВМ фирмы DEC злую шутку, ограничив круг общения программистов. Для сравнения укажем, что фирма IBM тщательно готовилась к выходу на рынок персональных компьютеров, и когда в 1984 году вместо ожидаемых \$ 5 млрд. получила только \$ 4 млрд., сочла недостаточным развитие программного обеспечения для своих компьютеров. Именно тогда появились нынешние программные гиганты Microsoft и Borland, взявшиеся за создание прикладных программ для IBM-совместимых компьютеров. Через несколько лет число таких программ насчитывало десятки тысяч наименований, в то время как каталог программ для DEC-машин ограничивался 800 наименований. В результате с 90-х годов фирма DEC отказалась от производства своих оригинальных компьютеров, перешла на архитектуру Intel и вновь стала специализироваться на выпуске высокоскоростных микросхем и рабочих станций для их проектирования. В свете изложенного можно констатировать, что опыт открытых применений «Электроники-100» и широкое освещение этих приложений, дополненные освоением и выпуском на заводе-изготовителе ЭВМ системы КАМАК, сыграли важную роль в развитии отечественных работ по широкому внедрению систем реального времени на мини- и микроЭВМ.

Список литературы

1. <http://www.compgramotnost.ru/istoria-computera/poyavilas-pervaya-evm>
2. Б.Н. Малиновский. История вычислительной техники в лицах.
3. Гальперин М.П. Прыжок кита. – СПб.: Политехника-сервис, 2010–352 с.
4. Шура-Бура М.Р. Интерпретирующая система ИС-2 для М-20 / В кн.: Стандартные программы для машин типа М-20, I, М., 1963, с. 3-20.
5. <http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php/%D0%AD%D0%92%D0%9C>
6. Леонид Черняк. Памяти Digital Equipment Corporation / «Открытые системы», № 03, 2002.
7. Разрабатывать собственную операционную систему нет резона. <http://yarcenter.ru/content/view/24709/79/>
8. Акушский И.Я., Трояновский В.М. «Программирование на «Электронике-100» для задач АСУТП. М.: Советское радио, 1978 г.
9. Трояновский В.М. Система КАМАК и задачи ее применения в АСУТП. «Приборы и системы управления», № 3, 1976.
10. Трояновский В.М. Информационно-управляющие системы и прикладная теория случайных процессов: Учебное пособие. М.: Гелиос АРВ, 2004. 304 с.

Как создавались первые микроэлектронные ЭКВМ, СМЗ и спецпроцессор Фурье¹

Фельдман Б.Я.

Amfeltec Corporation

<http://www.amfeltec.com>, b.feldman@amfeltec.com, venera1516@yahoo.com

On the History of Creation of the First Microelectronic Keyboard Computer, SM-3 and Fourier Special Processor

Feldman B.

В докладе освещено развитие советской вычислительной техники за тридцатилетний период (1956-85 годы) на примере работ небольшого коллектива. Автор книги принимал участие в создании ЭВМ «Сетунь» в ВЦ МГУ, а затем перешел в ИНЭУМ, где велись исследования параметронов. Пришли еще трое молодых специалистов (Б. Панферов, В. Громов, В. Верижников) и инженер О. Кулинченко, и нам удалось собрать небольшой работающий макет, используя напыленные магнитные пленки и проволочные обмотки. Частота накачки 100 мГц, тактовая 1 мГц. Неплохо для 1965 года. Конечно, мы понимали, что это частное решение. Но эта работа была интересна как попытка прорваться в будущее, в четвертое, как тогда говорили, поколение вычислительной техники. Именно прорваться, хотя и до третьего было далеко. Это был время определенных фантазий: пленки, оптика и... мечты о будущем. Для нас этот первый успех стал моментом рождения коллектива.

В том же году ИНЭУМу была поставлена задача создать ряд электронных клавишных вычислительных машин (ЭКВМ). Мы - головные и десятка полтора солидных организаций и заводов - соисполнителей. По данным ЦСУ СССР в 1964 было изготовлено 45 тыс., в основном механических машин и несколько сот электронных «Вег», да еще закуплено 29 тыс. ЭКВМ за границей. Потребность на пятилетку ЦСУ оценило в **842 тыс. машин**. Потребность предсказывала будущее.

В проекте Ряда были предложены: классификация машин, параметры основных типов, исследованы различные варианты структуры. Разработаны требования к блокам устройствам. Разрабатывалась версия языка для младших моделей, возможность работы с каналами связи и совместной работы машин, в разделе «Рекомендации по задельным работам» было сказано: *«п.3. Макетирование и моделирование совместной работы ЭКВМ между собой и с ЭВМ с целью разработки и уточнения основных функциональных параметров машин и связей между ними; п.4. Созданию сквозной системы контроля и защиты информации в ЭКВМ и при передаче между ними»*. Разработан координационный план. Работа с заводами подсказала важное правило: «Заводу всегда тяжелее!», и это правило всегда помогало нам.

Не без влияния И.С. Брука мы приняли решение, что массовый выпуск ЭКВМ возможен только на микросхемах. Уровень цен определил **комбинированную** структуру ЭКВМ на ближайшие годы. Для вычислительных моделей мы выбрали микросхемы «Тропа» (толстопленочных гибридных с резистивно-транзисторной логикой), а в качестве памяти – магнитострикционные линии задержки. Среди множества разработок «Тропа» была наиболее простой и удачной в схемном и конструктивном отношении. Она требовала 4-х вольтового питания и потребляла небольшую мощность. Однако, ее параметры были слишком слабыми для создания ЭКВМ, а сами микросхемы были слишком дороги. К удешевлению и доработке в 1966 году еще были не готовы.

Пришлось решать две проблемы: наладить макет микроэлектронной ЭКВМ в марте 1967 года и предъявить две работающих модели ряда (одну для инженерных расчетов с индикацией, вторую для учетно-статистических работ с выводом на печать и перфоратор – впоследствии Искра 12 и Искра 22) с комплектами документации в декабре 1967 года. 10-12 человек, никакого опыта, но зато был кураж. Эти две модели попали в нархозплан с производством в 1969 году, что нас, как оказалось, и спасло!!

Тем временем в нашем Минприборе происходили серьезные события. Во-первых, Брука принудили оставить дирекцию. Во-вторых, создали новый главк - Главсистемпром. Новый директор ИНЭУМа (Н. Паутин, который ранее занимался АСУ ТП) подсуетился и перевел ИНЭУМ в новый главк. Спустя год мы это остро почувствовали...

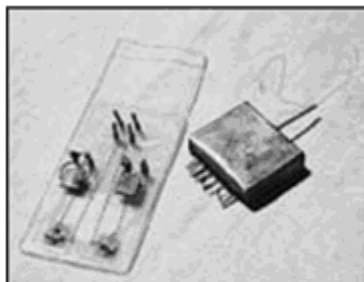
Летом 1966 был защищен проект Ряда. На очереди макет под названием «Стэк». Мы выбрали память на 8 «коротких» (т.е. на одно слово) калиброванных синхронно работающих линий задержки, использующих продольные колебания, и диодно-транзисторные микросхемы «Сегмент» в корпусе ТО-5. Разработали линии задержки, память на электронно-лучевых трубках и в марте 67 наладили макет.

Насколько я знаю, это был первый в стране полностью работающий макет ЭКВМ на микросхемах. В 1967 года за рубежом было только две микроэлектронных модели (Sage1, Victor 3900). Последняя появилась только в конце года.

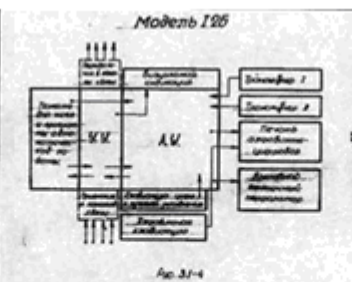
Успех разработки «Стэк» позволил сохранить темп после проекта, набрать опыт, поднять свой авторитет и выбрать правильные решения в последующих моделях, что сыграло важную роль в последующем решении начать разработку АСВТ в ИНЭУМе с микроэлектронной модели М-4000, во многом определившей дальнейшее

¹ См. подробнее Фельдман Б.Я. «От калькулятора к суперкомпьютеру», Торонто, 2006, 332 с.

развитие института. Макет проработал несколько лет без единого отказа в электрических цепях (отказывали только микропереключатели клавиатуры), но его наладка показала, что группа синхронных калиброванных линий не годится для массовых машин, требуя заводской точной одинаковой настройки, которая может быть нарушена при перемещении машины и при изменении температуры.



параметрон, 1964
слева - для полостковой накачки,
справа - для проводной накачки



одна из моделей проекта
Ряда ЭКВМ с выходов в
каналы связи, 1965



макет микроэлектронной
ЭКВМ "Стэк"
(март 1967 года)

Поэтому при разработке моделей 1-1Б и 2-1Б, начатых почти одновременно, мы сразу перешли на «сверхпоследовательную» структуру, использующей одну длинную линию задержки, пригодную для массового производства. Решение было рискованным. Не было ни длинных линии (а дисперсия сигнала требовала принципиально более сложной линии, использующей крутильные колебания), не был известен способ работы с такой длинной линией (температурное расширение превышало интервал между битами и требовало принципиально нового метода работы), и, наконец, большая длина линии требовала принципиально новой структуры, чтобы уложиться в заданное быстродействие без увеличения оборудования - стоимость и габариты). Все осложнилось необходимостью использовать схемы на дешевых дискретных элементах (транзисторах, диодах и резисторах) и решением Главэлектронсчетмаша (главка, который мы покинули) запретить заводу-соисполнителю (курскому «Счемашу») помогать нам.

К нам пришли молодые специалисты Н. Сосина, Л. Курбатов, А. Митрохин. Мы начали разработку двух моделей, не имея готового решения ни одной из этих трех задач. Ждать мы не могли, две машины должны были заработать до конца года. Сначала мы выбрали материалы для звукопровода и толкающих лент (помог ЦНИИчермет), рассчитали акустическое сопряжение (звукопровод диаметром 0,5мм, ленты 0,25*0,05 мм²). Нам пришлось полностью переделать сварочный станок, разработать новые электроды специальной формы со шлифованными торцами, разработать новую тиристорную схему коммутации тока, изготовить оправку для ориентации ленточек в процессе сварки, отработать методику их крепления перед сваркой. Контроль микроскопом помог освоить отжиг током места сварки. И, наконец, мы добились хорошо воспроизводимого результата. Мы не считали возможным переложить этот жизненно важный вопрос на плечи завода. Одновременно удалось решить и остальные задачи, закрепленные 6 авторскими свидетельствами.

Новую технологию нужно было проверить на чужом производстве. Помог Ногинский филиал ЦНИИТИ МОП (В. Назаров). Им понравился «Стэк» и наши работы, и они захотели выпускать нашу машину. В результате в 1968 году появилась совместно разработанная ЭКВМ «Луч», давшая начало целой серии моделей «Луч-К», «Луч 4ПК» и других. Эти машины стали основой первых АРМов (автоматических рабочих мест).



образец 1-1Б, 1967



настольный пульт 2-1Б и перфоратор



настольный пульт 1-1Б

Их помощь помогла нам предьявить в начале января 1968 в Курске большому совещанию две работающие машины. Главэлектронсчетмаш поблагодарил нас за работу, сказав, что ее продолжают ленинградцы из нового головного ГСКТБ, которым мы передали заранее все схемы и материалы, **но без нас**.



"Луч" - настольный вариант 1-1Б, 1968



"Искра 12" - настольный вариант 1-1Б, 1968

Но ленинградцы не рискнули взять на себя ответственность за 1968 год и... пришлось заключать договор с нами. В результате мы совместно с курянами и ленинградцами разработали настольный вариант наших машин 1-1Б и 2-1Б, который с 1969 выпускались под индексами Искра 12 и Искра 22.

Параллельно, с конца 1967 года мы думали о микросхемах. Тонкопленочная технология НИИМЭ, использованная в «Сегмента» была безнадежно дорогой. Попробовали поработать с МОП-микросхемами «Шипкой» и «Изомером» и поняли, что очень тонкий диэлектрик-оксисел и электростатика требуют 5-6 лет до надежной серии. А там были видны МОП-БИСы повышенной интеграции, сначала надо делать ЭКВМ на хорошо освоенных микросхемах (Тропа, К155), а затем 2-ой этап – переход на МОП-БИСы. Жизнь подтвердила эту концепцию, когда в первом квартале 1972 г. шесть заводов Минприбора сорвали план выпуска ЭКВМ на МОП-схемах «Изомер» малой интеграции, а калькуляторы на БИС МЭП начали изготавливать начиная с 1974 года.

Занимаясь «Тропой», мы поняли, что рабочий диапазон температур в ЭКВМ позволяет расширить ее параметры до нужных пределов. Расчеты и испытания, проведенные совместно НИИТТ-Ангстремом подтвердили это. Заинтересованность НИИТТ и поддержка Павло-посадского «Экситона» позволили удешевить технологию. Остался еще Фрязинский завод, производитель транзисторов для «Тропы». И здесь удалось найти контакт, заплатив разработкой машины «Электроника 155» на микросхемах К155 для Фрязинского завода. Затем, переделав схемы тропинной ЭКВМ, мы снизили требования к быстродействию, что позволило исключить дорогой контроль динамики. В результате стоимость модуля «Тропы» упала с 20 до 4 рублей (позже до 1,6 руб.), сделав модель конкурентной.

Без копейки денег и без плана удалось создать ЭКВМ «Союз12». Схемы наши, линия наша и Орловского завода УВМ, разводка плат и изготовление печатных плат – НИИТТ и Ногинск, изготовление корпуса, источника и сборка-Орел, наладка – наша.

Письмо ЦСУ СССР (4.09.1969) в Минприбор и ИНЭУМ: «3. Ввиду того, что ЭКВМ «Союз-12» является первой моделью ЭКВМ на микроэлектронной базе, Главное управление вычислительных работ считает...». Подпись Зам. начальника ГУВР ЦСУ СССР О. Голосова. Это письмо не осталось без ответа: Приказ по минприбору №309 (дек.1969) поручил Орловскому УВМ заниматься другой моделью – более простой 3-х регистровой, подтолкнул другие организации заниматься микроэлектроникой, а Главэлектронсчетмаш чуть позже **запретил** продолжать работы по Союзу 12. Удалось только выпустить партию «Союз-12» (50 штук) и провести испытания в апреле 1970 года. Большого сделать не удалось. Пришлось нам вместе с заводом срочно создать новую модель «Искра 111т», которая прошла испытания в марте 1971 г. В том же году Орел выпустил партию в 4950 штук, 15 тыс. в 1972, 26 тыс. в 1973г. Конкурент на малоинтегрированных МОП-схемах догнал только в 1976 г. Он был сделан на той же длинной линии. Всего Искр 111т и ее модификаций на Тропе, К155, модификаций других моделей на одной линии (Искра 12М и др.) было выпущено **около миллиона штук**. Количество отказов модулей Тропы было в 200 раз меньше, чем у машин на дискретных компонентах. Да и разработана Искра 111т, как и Союз12, была вне плана, причем дирекция ИНЭУМа чуть не разогнала наш коллектив. Спасла параллельная разработка памяти микрокоманд для М4000 с хорошими параметрами 4096 80-разрядных слов и 0,8 мксек цикл.



"Союз 12" 1970, апрель



"Искра 111т" - 1971, май

Это была первая отечественная массовая ЭКВМ, они были основной ЭКВМ в период 1972-76 гг., причем до 25% выпуска Искра 111т шло на экспорт.

В результате: Страна на 2 года раньше получила микроэлектронные ЭКВМ.

В 1973г. мы помогли команде Э. Иванова (НИИТТ) собрать **первый в стране калькулятор** на МОП БИС, а в 1973-74 гг. пробовали, конечно, подпольно, создать свою **персоналку**, используя блок длинных линий задержки (4-8 кб), жгутовое ПЗУ 4 кб, внешний накопитель на магнитофоне, дисплей на трубке от «Юности», интерпретатор расширенного Бэйсика), микросхемы K155 и символьный орловский принтер. Стоимостью менее 10 тыс. руб. Индивидуальный потребитель в СССР при окладе ведущего инженера 180 руб. (Москва) в этот период не был способен покупать персоналки. Даже ЭКВМ стоила 440 руб. в 1981 году. В этом было отличие потребителя в СССР от американского.

Крупносерийный выпуск соответствовал возможностям завода УВМ. Он был готов выпустить партию машин в 76 году (речь шла о сотнях штук), пока без микропроцессора, главное цена и доступность, но...

Нам не удалось:

- создать Ряд ЭКВМ на надежных схемах,
- создать и внедрить первую массовую персоналку,
- добиться **использования огромной потребности в «клавишных машинах как мощного средства развития и совершенствования самих микроэлементов, как с точки зрения интеграции, так и конструктивного и производственно-технологического обеспечения»²**, а в Японии начали с

карманных калькуляторов, усовершенствовали микросхемы, снизили себестоимость и лишь тогда взялись за сложные изделия, сразу выйдя в лидеры³.

...Но в конце года дирекция уговорила меня заняться разработкой СМ-3. СМ-3 было совместима и с М400 и с PDP-11/05, но отнюдь не была копией. И не потому, что мы к этому стремились. Схемы прототипа удалось достать только к концу года, когда все наши схемы уже ушли в разводку. Кроме того, в прототипе использовались микросхемы для памяти микрокоманд с циклом 70 нсек. Их у нас не было, и мы еще не имели права использовать импорт. Мы разработали жгутовое ПЗУ с очень хорошим циклом 300 нсек, но в четыре раза более медленная память микрокоманд заставила делать оригинальные схемы.

В декабре 1976 мы сдали комиссии **СМ-3 - головную модель СМ ЭВМ**, а в следующем 1977 году московский завод «Энергоприбор» выпустил первые **12 комплектов СМ-3** (некоторые источники ошибочно называют 1978 г. как дату выпуска СМ-3.). Далее эту модель выпускали «Энергоприбор» и киевский «ВУМ».



Управляющий вычислительный комплекс СМ-3
1976 год



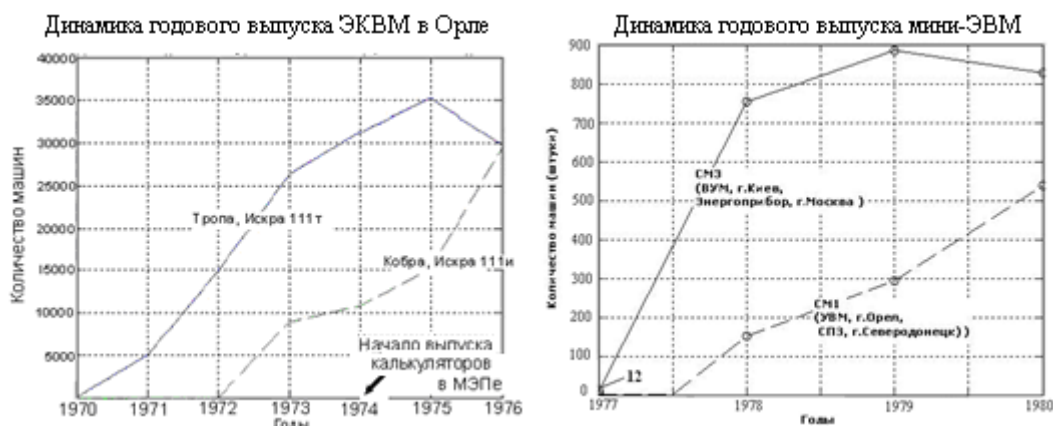
Управляющий вычислительный комплекс СМ-3
(Пояснительная записка, 1976 год)

Выпуск СМ-3 был намечен на УВМ в Орле, а СМ-4 на киевском ВУМе. Но в 1976 году под давлением ВУМа модель СМ-3 была отобрана у орловского завода и передана на ВУМ. Орел выпускал по 200 ЭКВМ в день и, используя кооперацию с соцстранами, он мог бы выпускать по 20-30 и даже более СМ-3 в день. ВУМ боялся массового производства СМ-3 в Орле. Мы были готовы через год-полтора создать оригинальную модель практически эквивалентную СМ-4 на базе СМ-3. В этом случае шансы ВУМа на госпремию с целено скопированным СМ-4 резко падали. (Удивительно, но соответствующие процессоры фирмы DEC были совершенно не

² Фельдман Б.Я. Труды ИНЭУМ, вып. 22 стр.40, 1972, сдан в печ. 1969 г.

³ Nature, v.346, No. 6280, 1990.

похожи друг на друга). Взамен Орлу дали северодонецкую модель, не соответствующую возможностям завода, что подготовило его будущий крах.



Ну, а наш коллектив после **успешной разработки СМ-З** под формальным предлогом **во время моей болезни был расформирован!**

Забавное совпадение: в мае 1977 года:

– в Америке началось **массовое производство “Apple 2”**,

– в **ИНЭУМе ликвидировали наш коллектив**, который пытался создать массовый персональный компьютер, имел для этого задел и, я думаю, наибольший в стране, опыт.

Если бы не это расформирование, может, удалось бы спасти **виноградники**», о которых писал Е. Велихов, а Б. Наумову не пришлось бы через 9 лет заявлять: **«В условиях благодушия и застоя в нашей стране долгое время не придавали значения персонально-компьютерному буму».**

Нас осталось 6 человек, опыта разработки кроме меня и О. Кулинченко никто не имел. Я почти сразу (1977) взялся за разработку «Переключателя шины» для построения многомашинных комплексов и комплексов повышенной надежности, сложного устройства, позволяющего объединить две машины СМ ЭВМ. Неожиданно пришли гости из Института радиотехники и электроники АН СССР и попросили у нашей дирекции помощи. ИРЭ разработал проект автономного спектроанализатора для обработки информации, передаваемой венерианскими спутниками при будущем локационном зондировании и картографировании поверхности Венеры. Работать с ними поручили мне. Я предложил переделать прибор в виде комплекса на базе СМ-3/4 и спецпроцессора Фурье. Они согласились, предложив вести разработку совместно. Мы должны были только разработать устройство сопряжения спецпроцессора с мини-ЭВМ и помогать им.

Первое время контакт с ИРЭ был идеальный, но потом, когда эта работа попала в план ИНЭУМа, и ИРЭ добился нашего включения в Решение ВПК, все изменилось. Воспользовавшись нашей зависимостью, ирэвцы старались подчинить нас. Схемы отдельных плат передавались нам вразброд, без описаний и некомплектно. Мы налаживали платы, не имея возможности разобраться в устройствах. По времени это совпало с испытаниями модернизированного «Переключателя», реализующего операцию резервного копирования. Ирэвцы не считались с нами. Наши жалобы мало волновали и нашу и их дирекции. Разбирая отдельные ирэвские схемы, мы находили много ошибок и, наконец, поняли, что если так пойдет дальше, то устройства не будет, а мы будем в ответе. Пришлось в конце 1979 г. взять разработку на себя. Был большой скандал, ирэвцы обиделись и до испытаний спецпроцессора не появлялись на нашем горизонте. А наш коллектив тем временем немного вырос, пришли несколько молодых специалистов и инженеров (Г. Крылов, Г. Заманский, В. Каганович, Т. Верховина, А. Крупенин).

Итак, почти ничего нет, а срок испытаний двух образцов – **март 1981.**

Переход с малых машин на суперкомпьютерный уровень (а конвейерный спецпроцессор с эквивалентным быстродействием 50 - 100 млн. операций в секунду соответствовал производительности суперкомпьютеров того времени) сложен не только технически, но и психологически.

«С помощью СПФ СМ преобразование Фурье, а также другие широко распространенные операции по обработке сигналов выполняются примерно в **100 раз** быстрее, чем, скажем, на большой ЭВМ типа **БЭСМ-6**...» акад. В. А. Котельников.

Объем оборудования – около 4 тыс. микросхем, только гражданская техника K155, K599, K556, K559 и K565, немного K531. Два вопроса не давали мне покоя с самого начала: как налаживать такой конвейерный спецпроцессор и как обеспечить его надежную работу?

Мы начали с программной модели спецпроцессора. Уже второй вариант давал быстрый ответ. Затем провели исследование микросхем на величину сквозного тока при переключении микросхем. Ряд микросхем исключили из разработки, а часть решили располагать по возможности ближе к разъемам, чтобы сократить участки взаимного влияния. Проверили частотные свойства используемых типов конденсаторов. В результате во многих местах, кроме обычной пары конденсаторов (электролит + бумага), появились третьи – слюдяные, особенно высокочастотные. Большое внимание уделили проблемам связи устройств. Трассировку быстрых сигналов

между устройствами выполнили тонким высокочастотным кабелем, причем все синхросигналы транслировали с помощью эквидистантных шлейфов и т.д. У нас был особый «пиетет» к передаче сигналов, еще со времён параметронного макета. Эти работы позволили создать надёжную систему. Оригинальная организация обмена между спецпроцессором и памятью позволила удвоить скорость обмена и обработки.

Тем временем нам удалось приобрести минские логические анализаторы. А логические анализаторы фирмы HP стоимостью в десятки тысяч долларов для нас были недоступны. Получили четыре комплекта. Восторг. На экран можно вывести одновременно 16 сигнальных последовательностей. Отдельный генератор, маленькие «клипсы»... Удобны, но каждый проработал только неделю, они были неработоспособными. Но психологически мы были уже другими и не могли вернуться назад к наладке блоков с помощью обычного осциллографа. Выход был один, но не очень простой: сделать анализаторы самим, встроив их в аппаратуру спецпроцессора, сделав их доступными со стороны центрального процессора и совместимыми с программами.

13 человек и 4 тыс. корпусов плюс программы... Второй квартал 1980, все блоки элементов и конструкции идут для изготовления на завод «Энергоприбор». В январе начинают поступать первые блоки элементов. Собираем в лаборатории. Последние блоки получаем в начале марта. Последние 20 дней ночевали на работе.

30 марта 1981г. начинается работа комиссии. 31 марта демонстрируем комиссии все режимы на двух работающих спецпроцессорах СПФ СМ.

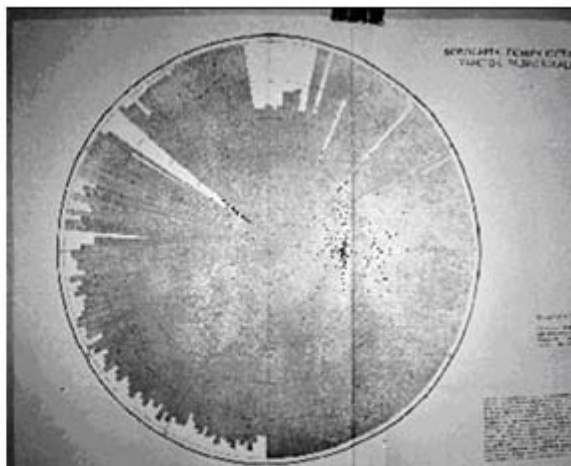
Испытания проводилась в гораздо более жестких режимах, чем это было предусмотрено в задании. Жесткие режимы создавались специальными прогонными тестами

Победа! Именно программно-аппаратная диагностическая система позволила наладить спецпроцессоры. Объем ее программной части (**1653 блока** на диске) был равен объему **ОС РАФОС (русифицированная версия РТ-11) – 1671 блок**.

Решение ВПК и договор с ИРЭ выполнены. Казалось все, но... только разработчик понимал, что «необкатанные» спецпроцессоры могут содержать много скрытых проблем, и мы решаем не отдавать их в ИРЭ. Часть ирэвцев меняет свое отношение (Ю.Александров, А.Захаров) и 9 месяцев мы совместно обкатываем комплексы. Участие ирэвцев очень важно, они не только осваивают СПФ, но и обкатывают его на реальных программах, а мы на жестких тестах. Через 9 месяцев отдаем их без всяких проблем. Зато у меня проблемы: я не отдал помещение и загрузил свой коллектив вопреки руководству. А завод «Энергоприбор» тем временем начинает **серийное производство СПФ СМ** (выпущено 94 шт.).



Спецпроцессор Фурье
СПФ СМ



Результат картографирования поверхности Венеры
("Атласа поверхности Венеры", ред. ак. В. Котельников, 1989)
Белые сектора связаны с нарушением космической связи и с ранним
выключением аппаратуры. Такие же перерывы были и при полете
"Магеллана" 16 и 21 августа 1990 года.

И далее, в протоколе, утвержденный ИРЭ АН СССР: **«С сентября 1983г. по настоящее время на этих образцах в составе вычислительных комплексов проводится систематическая обработка материалов радиолокационной съемки поверхности Венеры, поступающих с межпланетных станций «Венера15» и «Венера16», для создания карты поверхности планеты. В течение этого периода образцы СПФ СМ проработали практически безотказно более 14000 часов в режиме двухсменной работы. Для успешного выполнения этой задачи ИНЭУМ сверх технического задания провёл целый комплекс работ...»**

Отзывы о результатах:

«Без СПФ СМ нельзя было бы организовать оперативную обработку данных при радиолокационном картографировании планеты Венера»... Вице-президент АН СССР академик В.А. Котельников, 1983.

«По своим параметрам СПФ СМ находится на уровне лучших зарубежных образцов и является первым устройством такого рода в стране, выпускаемым серийно». Директор ОКБ МЭИ академик Богомолов А.Ф., 1986.

В проекте «Вега» (Венера – комета Галлея) в течение двух суток 17 станций в разных конца Земли, образующие интерферометр со сверхбольшой базой, следили за баллонами, наполненных гелием, летящими со скоростью поезда в атмосфере Венеры. Оперативный обмен информацией опечивала “Громкоговорящая” связь. Спецпроцессоры Фурье помогли нашим ученым получать результаты первыми.

Нам не удалось:

Больше нам ничего не дали разрабатывать, хотя полученные результаты позволяли обеспечить страну огромными дешевыми дополнительными вычислительными мощностями, создав на базе СПФ СМ дешевый и быстрый матричный процессор.

Цена СПФ СМ была — 25 тыс. руб. за штуку, а вместе с СМ-4 < **150 тыс. рубл, при** стоимости БЭСМ-6 порядка миллиона (second hand): ~ **1.000 тыс. руб.** Стоимости моделей ЕС ЭВМ не ниже... Разработка СПФ СМ - 865,0 тыс. руб.

Но нам удалось:

Обеспечить выполнение программы Венера 15 и 16 по картографированию планеты Венера.

Обеспечить получение результатов, которые были приоритетными в течение почти 6 лет до полета американского «Магеллана». Эти результаты они являются **до сих пор самым крупным достижением российской планетарной космонавтики.**

“Выдающимся мировым достижением явились радиолокационные съемки северной части Венеры, осуществленные в 1983-1984 годах с помощью аппаратов “Венера-15” и “Венера-16”, благодаря которым удалось получить радиоизображение северной части планеты (примерно 115 млн. кв. км) с разрешением 1 км. В результате изучения этих уникальных данных был создан и **издан первый в истории науки** “Атлас поверхности Венеры”. (Биография академика В.А. Котельникова).

«The most important Soviet missions in terms of the advances they provided in the global understanding of the planet were the Venera 15 and 16 missions in 1983...» Britannica.

Человеческие качества Алексея Андреевича Ляпунова

Я.И. Фет

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
Новосибирск
fet@ssd.sccc.ru

Аннотация. Современные гуманисты используют очень важное представление о *качествах человека*. Они надеются изменить общество к лучшему путём совершенствования человеческих качеств его граждан. Всё, что мы знаем об Алексее Андреевиче Ляпунове свидетельствует об его исключительно высоких человеческих качествах. В докладе приводится ряд биографических материалов, которые подтверждают эту оценку.

Ключевые слова: Ляпунов, интеллигентность, демократичность, честность, скромность, доброта, энциклопедическая образованность, защита культуры, борьба с невежеством, мужество говорить правду, бескорыстное служение истине

Human Qualities of Aleksey Andreevich Lyapunov

Fet Ja.

Institute of Computing Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS

Abstract. Contemporary humanitarians take advantage of an important notion of *human qualities*. They hope to improve the modern society by means of perfection the human qualities of private citizens. Our knowledge of Aleksey Andreevich Lyapunov is indicative of his extremely high human qualities. In this report, a number of biographical materials are cited confirming this high appraisal.

Keywords: Lyapunov, enlightenment, democracy, honesty, modesty, kindness, encyclopedic knowledge, defense of culture, struggle against ignorance, courage to tell truth, unselfish votary of verity

В работах современных гуманистов используется очень важное, на наш взгляд, представление о *качествах человека*¹. Гуманисты надеются, что можно изменить современное общество к лучшему путём совершенствования человеческих качеств. Разумеется, качества того или иного человека вряд ли можно измерить или сопоставить с аналогичными характеристиками другого человека. Однако у каждого из нас имеется интуитивная (и, конечно, индивидуальная!) шкала, по которой мы оцениваем поведение, поступки, высказывания того или иного из окружающих нас людей.

Вспоминая кого-нибудь из выдающихся учёных, часто говорят «Человек с большой буквы». Мы склонны думать, что в этой высокой оценке основную роль играют не столько научные заслуги этого человека, но, главным образом, гражданские характеристики: его поведение, его поступки, отношение к окружающим, реакция на поведение и высказывания окружающих и т. д. Рассказывая о жизни и деятельности учёного, мы вспоминаем знакомые нам черты его поведения в различных обстоятельствах, и постепенно начинаем сознавать и ценить *человеческие качества* нашего героя.

В этой статье я постарался собрать различные эпизоды, высказывания, письма и документы, имеющие отношение к жизни Алексея Андреевича Ляпунова. Мне представляется, что эти материалы правдиво характеризуют учёного и свидетельствуют об его исключительно высоких человеческих качествах. Особенно важно показать личность Ляпунова и его человеческие качества как пример для сегодняшних учащихся и их воспитателей.

Возможно, что самое яркое проявление гражданского мужества и высоких человеческих качеств А.А. Ляпунова, это его бесстрашная и бескомпромиссная защита кибернетики и генетики от невежественных и жестоких лжеучёных. Об этой подвижнической деятельности учёного написано немало (достаточно сослаться на книгу «Алексей Андреевич Ляпунов»²). Но если бы мы захотели кратко охарактеризовать эту деятельность Ляпунова, то вряд ли нашли бы более ёмкую и исчерпывающую характеристику, чем это сделал в октябре 1971 года Владимир Андреевич Успенский, поздравляя Алексея Андреевича с шестидесятилетием:

*С течением многих лет я с восхищением наблюдал Вашу деятельность, я рассматриваю Вас как одну из героических фигур русской науки. Более молодому поколению трудно поверить, сколько бесстрашия, настойчивости и принципиальности нужно было проявить Вам для того, чтобы дать родиться новой науке – кибернетике.*³

Высокая интеллигентность

Из воспоминаний Ивана Борисовича Погожева⁴:

Отмечу одну характерную черту ляпуновского общения с людьми, которую мне хочется назвать «постоянно высокой интеллигентностью». Он всегда разговаривал с естественным, совершенно одинаковым вниманием и уважением с людьми, находящимися на самых различных ступенях должностной и научной лестницы: с академиком Сергеем Львовичем Соболевым и студентом-первокурсником, с мар-

¹ Аурелио Печчеи. Человеческие качества / Москва: Прогресс, 1985. – 312 с.

² Алексей Андреевич Ляпунов / Новосибирск: Филиал «Гео» Издательства СО РАН; Издательство ИВМиМГ СО РАН, 2001. – 524 с.

³ В.А. Успенский – А.А. Ляпунову / См. книгу «Алексей Андреевич Ляпунов», С. 497.

⁴ И.Б. Погожев. Он по-доброму прочно объединял людей... / См. книгу «Алексей Андреевич Ляпунов», С. 103–104.

шалом Павлом Николаевичем Кулешовым и старшим лейтенантом, слушателем Артакадемии. Такая манера не унижала никого, напротив, всех поднимала, делая лучше и чище духовно.

Кроме того, А.А. Ляпунов обладал редкой способностью искренне радоваться чуждому научному успеху. Когда даже мало знакомый ему человек получал интересный научный результат и сообщал ему об этом, А.А. Ляпунов приходил в восторг. Он буквально светился от счастья и стремился рассказать о новом результате решительно всем, поднимая его автора до высот необыкновенных. В такие минуты он был прекрасен: чёрные глаза его сияли, он быстро ходил по комнате, заряжая всех своей энергией и добром.

К своим собственным результатам он относился более чем скромно.

Чувство зависти к чуждому научному успеху у него, по-моему, полностью отсутствовало.

Он был очень снисходителен и мягок к недостатку научного образования у собеседника и всегда стремился быть максимально понятным ему, никогда не подчеркивая своей энциклопедической образованности. Однако научной халтуры он никогда не прощал, к ней был всегда непримирим.

Защита культуры

Биографии великих учёных

Письмо П.Л. Капице

Дорогой, глубокоуважаемый Пётр Леонидович!

Я в совершенном восторге от Вашей книги «Ломоносов, Франклин...». Очень Вам благодарен, за то, что Вы мне её подарили. Эти биографические очерки чрезвычайно актуальны по сей день, в особенности проблема изоляции Ломоносова и важность нормальных научных общений. Розерфорда и Ланжевена я, разумеется, никогда не видел, а всё, что мне приходилось о них читать, носило гораздо более официальный характер. В Ваших биографиях о них создаётся впечатление как о живых людях.

У нас эти книги закуплены в ФМШ и читаются с большим увлечением...

Январь 1965 г.

А. Ляпунов

Алиса в стране чудес

А.У. Китайнику⁵

Глубокоуважаемый Абрам Ушерович!

Обращаюсь к Вам с большой просьбой. Мой друг Феликс Владимирович Широков показал мне перевод книг Льюиса Кэрролла «Алиса в стране чудес» и «Сквозь зеркало...». Перевод выполнен Н.М. Демуровой и издан на русском языке в Болгарии. Книги эти совершенно замечательные, перевод выполнен очень хорошо. Он получил высокую оценку со стороны К.И. Чуковского (см. «Литературная Россия» от 20/IX-1968 г., статья «Победителей не судят ...»). Упомянутые книги настолько знамениты, что они постоянно используются как источники эпиграфов и очень часто цитируются. В настоящее время в Англии существует подробно прокомментированное Мартином Гарднером (известным научным писателем, многие книги которого переведены на русский язык) издание этой книги. Перевод комментариев Мартина Гарднера может быть выполнен в короткий срок. Моя просьба состоит в том, чтобы поднять вопрос об издании этой книги с комментариями Гарднера и хорошо сделанными иллюстрациями Вашим издательством.

Пользуюсь случаем, чтобы высказать Вам своё восхищение рядом детских книг, которые Ваше издательство выпустило в последние годы.

С искренним уважением к Вам

Член-корреспондент АН СССР

А. Ляпунов

27/I-1971 г.

«Новый мир». Повесть И. Грековой

Письмо А.Т. Твардовскому

Глубокоуважаемый Александр Трифонович!

В седьмом номере Вашего журнала за 1967 год помещена замечательная повесть И. Грековой «На испытаниях». В этой повести показан тяжёлый, но увлекательный труд инженеров-исследователей, занятых созданием и испытанием новой военной техники. В повести показаны живые люди разных характеров и уровней квалификации, участвующие в этой работе. Производит большое впечатление точность художественных образов, реальность процесса преодоления трудностей различного характера, возникающих в этой работе, и подлинность изображения обстановки того времени (начало пятидесятих годов).

⁵ А.У. Китайник – в то время, главный редактор Западно-Сибирского издательства.

Мне хорошо знакома обстановка, описанная в повести, и я близко знаю многих людей, принимавших участие в подобных работах. Много из того, что я видел лично или слышал в рассказах моих друзей, очень похоже на то, что описано в этой повести. Несомненно, автору удалось создать обобщённый художественный образ того, что было характерно для указанного периода.

Повесть «На испытаниях» сразу обратила на себя внимание. В первые же дни после выхода журнала в свет я со всех сторон получал многочисленные советы её прочесть и, прочитав её, я получил большое удовольствие. Я хочу выразить Вам свою благодарность за публикацию этого прекрасного произведения.

С искренним уважением член-корреспондент АН СССР

А.А. Ляпунов.

[1967]

Музыкальная культура

Министру культуры СССР тов. Е.А. Фурцевой

Глубокоуважаемая Екатерина Алексеевна!

Я обращаюсь к Вам с просьбой, касающейся вопросов распространения музыкальной культуры.

В Новосибирске живёт и работает пианистка высшей квалификации В. А. Лотар-Шевченко. За последние годы она совершила серию гастрольных поездок в Ленинград (30 концертов с постоянными аншлагами), в Киев (не менее 10 концертов с аншлагами), Одессу, Львов, Киров, Владивосток, Хабаровск, Читу, Красноярск и т. д. с неизменными огромными успехами и аншлагами. Она дала также целую серию концертов в Новосибирске с неизменным бурным успехом.

В то же время её концертная деятельность организована из рук вон плохо. В. А. Лотар-Шевченко могла бы давать значительно больше концертов. Во многих городах имеется огромное количество слушателей, которые очень хотели бы слышать её исполнение. В частности, она дважды выступала в Москве в институте им. Гнесиных в переполненном зале, причем огромное число людей не смогло получить билетов. Приходилось вызывать милицию для установления порядка.

Очень прошу Вас дать указания Гастрольбюро и новосибирской филармонии, чтобы они уделили большее внимание организации концертов выдающейся пианистки В. А. Лотар-Шевченко.

*Чл.- корр. АН СССР
Новосибирск-72, Воеводского 4.*

*А. Ляпунов
[1971]*

Судьба художника

Р.Л. Берг – А.А. Ляпунову

Дорогой Алексей Андреевич,

Поддержите, пожалуйста, Юру Кононенко, который обратится к Вам с просьбой. Положение его отчаянное и нужно срочно ему помочь.

Вашего звонка Льву Георгиевичу Лаврову Е-5-04-31 или Николаю Гавриловичу Чусовитину Е-5-04-29 будет достаточно, чтобы судьба художника решилась.

*Буду Вам благодарна,
9 июля 67 г*

Р. Берг

На фронте

Алексей Андреевич в начале войны отказался от брони и с марта 1942 года находился в действующей армии. Осенью 1943 года он был назначен командиром топографического взвода 22-го гвардейского артиллерийского полка. «Учёный физических и математических наук гвардии лейтенант Ляпунов – ваш новый командир». Так был представлен топографам и вычислителям новый командир взвода – высокий, черноусый, с задорными глазами, красивый человек.

Однополчанин лейтенанта Ляпунова, Владимир Тихонович Стебунов вспоминает⁶:

Наш полк готовился к форсированию Днепра в районе Цюрупинска. При ликвидации плацдарма немцев Алексей Ляпунов показал себя достойным командиром: умным, расчетливым и деятельным, честным, болеющим за каждого солдата, смелым и находчивым в решении боевых задач. Взвод уверился в своем командире, сдружился с ним, а это на войне очень важно.

Кто такой командир взвода на войне? Это тот же солдат, но на котором, кроме всяких обязанностей, лежит ещё ответственность за рядом бегущих по полю боя, сидящих в окопе, получающих из одного котла кашу солдат. Таким и был Ляпунов.

⁶ В.Т. Стебунов. Письмо Д.А. Гранину. / См. книгу «Алексей Андреевич Ляпунов», С. 112–117.

Солдаты не только уважали, но и любили Алексея Андреевича, по-сыновьи заботились о своем командире. Нередко топовзвод, в силу особых задач, питался «подножным кормом». Всё, что было лучшим, старались предложить командиру, хотя он не раз говорил:

– Думать нужно о работе, а не о личности командира взвода. (Всё, что делали солдаты, он называл работой).

С приходом Ляпунова топовпривязку батарей, подготовку исходных данных для стрельбы, взвод стал выполнять во много раз быстрее и значительно точнее. Повысилась эффективность огня дивизиона. Ляпунова привлекали для руководства подготовкой исходных данных для стрельбы полковых и дивизионной артиллерийских групп. Нет таких наступательных операций 1944–1945 гг., в которых участвовала дивизия, где бы не были применены знания и умение Ляпунова.

Против невежества

Белиберда

В марте 1964 года Алексей Андреевич получил из Киева, от Л.А. Калужнина⁷, письмо:

Дорогой Алексей Андреевич!

Я пишу Вам по поводу нескольких вопросов. Первое и самое спешное – это злосчастное дело с диссертацией «философа» В.А. Шовкопляса «Ленинская теория отражения – философская основа кибернетики». Вы помните, я Вам оставил автореферат этого бреда, и Вы хотели послать Ваш отзыв философскому учёному совету КГУ.... Эта непотребная история разгорается в большой скандал, так как наши философы, несмотря на очень резкий отзыв Глушкова, всеми силами хотят остепенить Шовкопляса...

Конечно, смешно и грустно, что из-за такой чепухи приходится беспокоить и Вас, и других почтенных людей. Но что же делать? Ведь нужно создать прецедент, чтобы и впредь было неповодно осквернять науку подобным неучам. Простите за беспокойство!

22 марта 1964

Ваш, Л. Калужнин

Алексей Андреевич отправил следующий отзыв⁸:

Отзыв

о работе В.А. Шовкопляса

*«Ленинская теория отражения – философская основа кибернетики», представленной в качестве диссертации на соискание учёной степени кандидата философских наук
(составлено на основе автореферата)*

Рецензируемый автореферат представляет собой абсолютно безграмотную белиберду, с полной очевидностью свидетельствующую о том, что автор не имеет ни малейшего представления о научном содержании кибернетики. В реферате цитируются работы разных авторов, причём из текста ясно, что автор диссертации не понимает цитируемых работ. Принятие к защите такой диссертации является скандальным.

Копию настоящего отзыва я направляю в Президиум ВАКа и в Президиум АН УССР.

Зав. отделом теоретической кибернетики

Института математики СО АН СССР

профессор, доктор физ.-мат. наук

А.А. Ляпунов

1 апреля 1964

К сожалению, товарищ Шовкоплас вскоре защитил в Киеве свою белиберду под изменённым названием: «Гносеологическая природа основных категорий кибернетики».

⁷ Лев Аркадьевич Калужнин (1914–1990) – математик и логик, преподавал математику во Львове и в Киеве. Основатель кафедры алгебры и математической логики Киевского университета.

⁸ См. книгу «Алексей Андреевич Ляпунов». С. 306.

Контррецензия⁹

А.А. Ляпунов и И.А. Полетаев – А.С. Монину

Москва, ЦК КПСС, отдел науки,
А.С. Монину*Глубокоуважаемый Андрей Сергеевич!**Во втором номере журнала «Животноводство» помещена вредная и возмутительная рецензия М.М. Лебедева на книгу М.Е. Лобашева «Генетика». Мы написали краткую контррецензию и направляем её в Ленинградский Университет, в журнал «Животноводство» и Вам.**С глубоким уважением*

А.А. Ляпунов

И.А. Полетаев

5 марта 1964

РЕЦЕНЗИЯ

В № 2 за 1964 год журнала «Животноводство» помещена безграмотная рецензия М.М. Лебедева: «Книга новая, идеи старые, ошибочные» на первоклассный учебник генетики М.Е. Лобашева. Вместо того, чтобы разбирать содержание книги по существу, М.М. Лебедев жонглирует ссылками на авторитетные источники, извращая их, и совершенно неуместно противопоставляет их содержанию книги. Рецензия выдержана в духе решительно осужденного партией культа личности, не содержит деловых аргументов, голословно шельмует советских учёных, вводит в заблуждение работников сельского хозяйства.

Необходимо принять меры к прекращению публикации таких статей и привлечь к ответственности, как автора рецензии, так и редакцию журнала, опубликовавшего её.

Доктор физ-мат наук

А.А. Ляпунов

Кандидат техн. наук

И.А. Полетаев

05.03.64

*Три экземпляра настоящей рецензии направлены:**1) в ЦК КПСС, отдел науки, 2) Ленинградский Гос. Университет, 3) редакции журнала «Животноводство».***Мужество говорить правду****Против антисемитизма**Из воспоминаний Игоря Александровича Мельчука «Как начиналась математическая лингвистика»¹⁰:*Это был пятьдесят шестой год, я окончил университет...**После этого я так сблизился с Ляпуновым, что он обязательно хотел взять меня к себе на работу в ИПМ и создать большую группу машинного перевода в своём институте.**Меня он хотел взять, и при всём его колоссальном влиянии ему отказали несколько раз, причём в последний раз в резкой и грубой форме: еврей. Евреи были там не нужны. Тогда он добился, чтобы, по крайней мере, это место, которое он для меня отвоевал в Президиуме, ему лично оставили, и он эту ставку передал в Институт языкознания, чтоб меня взять туда. Я это всё так подробно рассказываю, потому что для судеб науки всё это играло очень большую роль.**Я особо повторяю то, что касается меня. Я сейчас объясню, в чём состояла для меня лично вся эта история. Если бы я попал в институт к Ляпунову, я, возможно, не стал бы тем, чем я стал. Не знаю, лучшие это или хуже. Но я был бы совершенно другим человеком с очень сильно другими взглядами.**Меня не хотели брать и в Институт языкознания, по той же самой причине. Директор честно сказал Ляпунову. Это было почти при мне. Алексей Андреевич пришёл со мной лично к директору, когда директор как-то так замялся и попросил меня выйти. У них был разговор на такую же тему. Алексей Андреевич раскричался, начал размахивать руками. Я не слышал конкретных слов, но было совершенно очевидно, что дело в этом: был слышен шум голосов сквозь запертую дверь, а вышел Ляпунов красный, возбуждённый, очень злой – и тут же мне пересказал беседу: директор ему сказал, что у него уже много евреев, и он ещё одного принять не может.**Но он его заставил меня взять...*⁹ См. книгу «Алексей Андреевич Ляпунов», С. 304–305.¹⁰ Очерки истории информатики в России / Новосибирск: НИЦ ОИГТМ СО РАН, 1998. – С. 361

Учитель, воспитатель, просветитель

Алексей Андреевич был замечательным педагогом и пропагандистом научных знаний. Этому благоприятствовал редкий набор качеств: широкий кругозор, ораторский талант, эффектная внешность, а главное – какая-то трогательная привязанность к молодёжи и детям, умение понятно и одновременно точно вести разговор с самыми различными по уровню и характеру образования людьми.

Алексей Андреевич интересовался преподаванием на всех ступенях образования, от высшей до начальной школы. Его интересы не ограничивались преподаванием математики. Они охватывали весь цикл естественных наук. Его волновали проблемы воспитания. В разное время А.А. Ляпунов был профессором Московского университета, Артиллерийской академии имени Дзержинского, заведовал кафедрами математического анализа и кибернетики в Новосибирском университете. И всюду он принимал самое живое участие в решении важных задач вузовского преподавания.

Вместе с тем, его глубоко волновали школьные дела, и участие в них он рассматривал как своё кровное дело. Начиная с 1957 г., вместе с Я. Дубновым и А. Маркушевичем он участвует в издании серии сборников «Математическое просвещение», в которых большое внимание уделяется пропаганде новых идей в преподавании математики, публикует статьи, посвящённые основам школьного курса математики, опыту отечественной и зарубежной школы.

Педагогическая деятельность А.А. Ляпунова достигает своей вершины в новосибирском Академгородке, где условия для экспериментирования и пропаганды новых идей были весьма благоприятными.

Вместе с М.А. Лаврентьевым Алексей Андреевич был инициатором создания в 1962 г. первой в нашей стране физматшколы-интерната (ФМШ) при Новосибирском университете. Он был также одним из организаторов сибирских математических олимпиад и летних физматшкол в Академгородке. Будучи заместителем председателя Учёного совета ФМШ и активным лектором, он оказал большое влияние на становление и развитие этой школы нового типа.

Алексей Андреевич был любимым гостем и почётным членом Клуба юных техников, Станции юных натуралистов, вёл математические классы в школе № 130. Помимо математических курсов, он создал для ФМШ новую оригинальную программу курса земледелия, читал лекции по геологии, астрономии.

Уже первое знакомство с ним будущих фымышат производило на них огромное впечатление. Алексей Андреевич принимал активное участие в разработке первых учебных планов, в обсуждении проспектов программ, содержания и форм работы с будущими учащимися, решении организационных вопросов. Именно Алексею Андреевичу Ляпунову было предоставлено почётное право 21-го января 1963 года прочитать первую лекцию в ФМШ.

Деятельность А.А. Ляпунова в физматшколе оставила глубокие следы в области воспитания школьников. Дело не только в огромной воспитательной роли правильно поставленного процесса преподавания математики. Учащиеся видели перед собой живой пример беззаветного служения людям, науке.

ФМШ

Многие воспитанники ФМШ («фымышата») теперь стали известными учёными, прославляющими сибирскую математическую и физическую школы не только в нашей стране, но и за её пределами – в «ближнем» и «дальнем» зарубежье, как теперь принято говорить. Что думают об этой уникальной школе современники Алексея Андреевича?

С.Э. Шноль¹¹

...Я начал этот очерк с рассказа о домашнем кружке Ляпуновых. Педагогическая страсть – сильнейшая в Алексее Андреевиче. Он был Учителем. И когда в 1962 году он уехал в Сибирский научный центр, эта его благородная страсть воплотилась в замечательном деле – в виде Физико-математической школы-интерната в Сибирском отделении Академии наук. Он был первым заместителем председателя Учёного совета ФМШ, одним из организаторов сибирских математических олимпиад и летних физматшкол в Академгородке. Его волновали также проблемы обычной школы. В 1972/1973 учебном году, несмотря на колоссальную загруженность, он начал вести регулярные занятия в 9-м классе школы № 130 Академгородка.

С.И. Литерат¹²:

На всю жизнь сохраняют сотни фымышат глубокие впечатления от лекций и бесед Алексея Андреевича о живописи, о минералах, метеоритах, ископаемых богатствах нашей страны, о жизни выдающихся русских и советских учёных, художников, о борьбе идей в науке, воспоминания о войне, о роли литературы и поэзии, в частности, в жизни человека... Всего не перечислить.

Никто так интересно не рассказывал учащимся о кибернетике, о роли математики в истории человеческой культуры! Трудно переоценить значимость этой деятельности для воспитания молодого поколения – учащихся не только ФМШ, но и других школ (а выступал Алексей Андреевич перед школьни-

¹¹ С.Э. Шноль. Герои, злодеи, конформисты российской науки / 2-е изд. – Москва: Крон-Пресс, 2001. С. 795.

¹² С.И. Литерат. Организатор и руководитель школы нового типа / «Алексей Андреевич Ляпунов». С. 134.

¹³ Из рукописи А.А. Малиновского.

ками многих городов, не говоря уже о Новосибирске!). Учащиеся, особенно в ФМШ, видели перед собой живой пример беззаветного служения людям...

О человеческих качествах Алексея Андреевича Ляпунова говорят его современники

Александр Александрович Малиновский¹³:

Мне хочется сказать об Алексее Андреевиче как о человеке. Я обнаружил, и имел нахальство опубликовать утверждение, что крупные учёные обладали определёнными этическими особенностями: не только честностью, которая необходима для учёного, но большинство обладало ещё одним свойством – добротой. Для того, чтобы широко обобщать, надо обращаться к любым людям, даже враждебным. С достойным пониманием. А это граничит с добротой... Большинство учёных – Дарвин, Фарадей, Эйнштейн ... обладали добротой и пониманием других.

И у Алексея Андреевича было удивительное сочетание: он был боец, по натуре совершенно бесстрашный. Это проявилось в ряде случаев, как например, в защите генетики, когда его за семинары по генетике вызывали «на ковер» (когда он был профессором МГУ). И он не отступил нисколько...

Он был бойцом в самых разных отношениях. Бойцом за кибернетику. В армии он был просто бойцом. Но там он был и не просто бойцом... Когда наши войска вошли в Германию и уже было много озлобления против фашистов, Алексей Андреевич заставил видеть разницу между фашистами и немцами. Это могло ему повредить, но руководство разобралось и всё обошлось хорошо.

У Алексея Андреевича была большая щедрость к своим младшим товарищам, щедрость в мыслях. Он легко отдавал свои идеи и мысли. Вот такой он был человек.

Модест Георгиевич Гаазе-Рапопорт¹⁴:

Алексей Андреевич посвятил свою жизнь бескорыстному служению своей науке и своей стране. Область его научных интересов была настолько широкой, что мы можем с полным основанием называть его энциклопедистом.

Несмотря на широкий спектр интересов, научная деятельность А.А. Ляпунова отличалась всегда высоким профессионализмом. Биологи его считали биологом, геофизики – геофизиком, философы – философом. Большая эрудиция и энциклопедичность, сочетающиеся с целостным, единым подходом к естествознанию, ко всему комплексу научных знаний, явились той почвой, на которой не могли не прорасти идеи кибернетики. В этом отношении налицо определённое сходство А.А. Ляпунова с Н. Винером, который тоже был глубоко и широко мыслящим учёным, работавшим в различных областях.

Юлий Анатольевич Шрейдер¹⁵:

Что дало кибернетике возможность объединить очень разных людей? Почему семинары Ляпунова стали центром, объединявшим людей разнообразных профессий и научных взглядов?

Что происходило в начальные годы становления кибернетики? Мне кажется, происходило объединение вокруг кибернетики как научной деятельности, которая помогла бы выявить естественные пути возникновения в мире организации, вплоть до разума. Увлекала задача рационального объяснения того, как действует интеллект...

Отношение А.А. Ляпунова к кибернетике напоминало отношение священнослужителя к культу. Ляпунов верил, что он занят неким священным делом. Сама задача естественнонаучного понимания живого – сверхважная... это, по многим косвенным признакам было для Алексея Андреевича существенно. В это вписывалась и его яркая деятельность в поддержку генетики, действительно, совершенно рыцарская и отнюдь не безопасная в те времена.

Игорь Андреевич Полетаев¹⁶:

Научная истина всегда была для него предметом служения, а её поиск – почти культом. К этому бескорыстному, рыцарскому служению истине добавлялось неотразимое личное очарование, умение понятно и одновременно точно вести разговор... Даже спорные суждения звучали в устах Алексея Андреевича привлекательно, почти убедительно. Каждая беседа и общение с ним было интеллектуальным событием и эстетическим переживанием.

Так писали современники. Сегодняшний читатель, знакомясь с содержимым нашей статьи, безусловно, почувствует, что Алексей Андреевич Ляпунов был не только выдающимся математиком. Он был и останется в истории как замечательный гуманист, обладавший редкими человеческими качествами.

¹⁴ М.Г. Гаазе-Рапопорт. О становлении кибернетики в СССР / См. книгу «Очерки истории информатики в России», С. 241.

¹⁵ Ю.А. Шрейдер. А.А. Ляпунов – лидер кибернетики как научного движения / См. книгу «Очерки истории информатики в России», – С. 198, 202.

¹⁶ И.А. Полетаев. Предисловие к сборнику «Некоторые проблемы математической биологии», посвященному памяти А.А. Ляпунова / Новосибирск, 1973. – С. 8.

Перспективы развития цифровых управляющих вычислительных систем реального времени (ЦУВС РВ)

Хетагуров Я.А.
Московский инженерно-физический институт
chief@pcweek.ru

Аннотация. В работе рассмотрены условия появления ряда требований к цифровым управляющим вычислительным системам реального времени. Анализируются их взаимосвязи и пути реализации. Приводится комплексная оценка рациональности системы на основе затрат жизненного цикла системы.

Prospects for the Development of Digital Control Real-Time Computer Systems

Khetagurov Ja.
Moscow Engineering Physics Institute

Abstract. In this work conditions of occurrence of some requirements are considered to real-time operating computing systems. Their interrelations and a realization way are analyzed. The complex estimation of rationality of system on the basis of expenses of life cycle of system is resulted.

В процессе развития вычислительных машин появился ряд направлений их применения, которые потребовали учета особенностей для обеспечения решения поставленных задач. К таким направлениям можно отнести создание вычислительных систем с большим числом вычислительных машин – десятками, сотнями и тысячами.

Интенсивно развивается направление создания цифровых управляющих систем реального времени (ЦУВС РВ). Оно призвано, в принципе, исключить участие человека в создании сложных и ответственных продуктов промышленности. Для ЦУВС РВ применения вычислительных машин и систем принципиальными стали требования по достоверности выдаваемой информации, её защищенности и безопасности. Выполнение этих требований невозможно без широкого использования различных методов контроля.

К цифровым ЦУВС РВ времени учитывая, что они работают в условиях объекта, в основном подвижного, должны удовлетворять требованиям по механическим, климатическим и габаритно-массовым характеристикам аппаратуры объекта. Для ряда областей применения (самолеты, ракеты, спутники) необходимо обеспечить защищенность и безопасность от различного вида воздействий, минимизировать потребление электроэнергии и габаритно-массовые характеристики.

Широкое применение ЦУВС РВ в промышленности и различных системах организованного управления привлекло внимание групп людей (хакеров) к возможности обогащения путем использования – продажи закрытых данных, искажения данных, нарушения работы систем. Потери фирм и правительственных организаций от действия этих групп, по сообщениям печати, достигают десятки миллиардов долларов в год в мире.

Повышение защищенности и безопасности ЦУВС РВ стало важнейшей задачей их построения и эксплуатации. Несмотря на работу квалифицированных специалистов, повышающих защищенность и безопасность, величина потерь в год от различных нарушений не уменьшается. По-видимому, исторические принципы создания не учитывали эти требования, которые появились в последнее время. Введение средств защиты и безопасности в работающую систему практически, как показывает опыт, не учитывает особенностей её построения, которыми пользуются хакеры. Выявленные недостатки исправляются и, таким образом, постепенно увеличивается защищенность, но это долгий и затратный путь.

В создаваемых системах необходимо встраивать средства защиты и безопасности в решаемые алгоритмы, т. е. при создании алгоритмов их проектировать с учетом защищенности и безопасности. Этот путь обеспечения безопасности и защищенности комплексный, т. к. его использование связано, кроме принципа построения алгоритмов, и с методами контроля. Его применение определяется уровнем интеллекта разработчиков.

Рассмотрим проблемы, связанные с обеспечением достоверности информации при работе ЦУВС РВ. Достоверность – это интервал времени работы системы с отсутствием ошибок в выдаваемых данных. Достоверность определяется двумя характеристиками системы надежностью работы аппаратуры и качеством контроля.

Надежность работы ЦУВС РВ определяется надежностью самого ненадежного элемента из СБИС (контроллеров, процессоров, микропроцессоров) и надежностью цепей связи между элементами. Проблемы оценки надежности и её прогнозирования для БИС известны, учитывая их количество порядок сотен, тысяч штук. Они используются в промышленности. Проблемы оценки надежности связей и её прогнозирования для единичных соединений, также известны, но проблемы контроля качества – надежности соединений при их числе порядка десятка и сотен тысяч соединений ждут своих решений. Надежность соединений определяется опытом и ответственностью монтажников, организацией работы на конкретной фирме.

Надежность связей – в настоящее время определяется тренировкой всей ЦУВС РВ. Длительность этой тренировки задается, исходя из статистических данных по подобным системам, и длительность её оценивается для различных систем и фирм несколькими сотнями часов. В период тренировок обычно изменяют режимы работы, которые выбираются разными для различных систем и определяются опытом фирмы.

Этот вид испытаний наиболее затратный и сложный для выполнения. Одним из направлений при создании

системы является сокращение количества связей между элементами системы, выполняемыми монтажниками. Это направление получило развитие в использовании структуры «система на кристалле» (СНК), которая переводит часть внешних связей системы во внутренние методы контроля, которых разработаны. Развивается направление, связанное с исключением из процесса соединения элементов монтажника посредством конструкторских решений, связанных с типизацией соединений элементов и их выполнением на автоматах пайки.

Другой важнейший фактор обеспечения достоверности – применение методов контроля для определения факта несоответствия – нарушение нормальной работы ЦУВС РВ. Известны два направления проведения контроля работы – аппаратурный, использующий дополнительную аппаратуру и программный – созданием специальных программ, выполняемых вычислительной машиной для проведения различных проверок на соответствие получаемых данных заданным требованиям.

В результате развития производства микропроцессоров, контроллеров и унификации остался только один метод аппаратурного контроля – мажоритарный метод, который основан на сравнении трех данных, полученных с трех вычислительных машин, работающих на одинаковых программах. Этот метод увеличивает объемы аппаратуры в 3,1–3,2 раза и, незначительно, требования к объему памяти и быстродействию на 2–5%.

Программные методы контроля получили громадное распространение, но они потребовали значительного увеличения быстродействия аппаратуры вычислительных средств по отношению к программе выполнения алгоритма в среднем в 15–20 раз и более и увеличения памяти в 2–4 раза.

Важным фактором для оценки затрат на цикл жизни ЦУВС РВ является учет длительности выпуска СБИС 2–3 года и длительности эксплуатации ЦУВС РВ в среднем 10 – 20 лет, что существенно увеличивает затраты на эксплуатацию (ЗИП), т. к. надо хранить 5–7 комплектов элементов.

Построение рациональных ЦУВС РВ определяется поиском путей развития вычислительных машин, методов контроля их работы для обеспечения достоверности надежности, защищенности и безопасности, условиями работы ЦУВС РВ, которые комплексно оцениваются минимизацией затрат на жизненный цикл системы.

Среди приведенных задач, решение которых определяют ЦУВС РВ, основной является задача – определение методов контроля работы аппаратуры и программного обеспечения. Затраты ресурсов системы (быстродействие, объемы аппаратуры, потребление энергии) определяются принятыми методами контроля в системе.

Минимизацию затрат ресурсов ЦУВС РВ за жизненный цикл можно достигнуть, используя новые аппаратурные комплексные методы контроля вычислительной машины, например, выполнение операции в коде 1 из 4-х с контролем наличия только одной единицы в каждом разряде кода числа, (кроме мажоритарных), и аппаратурные методы контроля отдельных функций работы вычислительной системы. Например, контроль длительности выполнения операции, команд и др., аппаратурной реализацией специальных команд. Например, команд, исключающих необходимость в наличии в компьютере операционной системы, специальных схем контроля выполнения частей программ и т. д. Применение СБИС на основе базовых кристаллов (БМК) существенно сокращает затраты на создание вычислительных средств с использованием аппаратурных методов.

Этапы развития информатики в нашей стране – от машинных залов к облачным вычислениям

Храпкин П.Л.
khrapkin@csoft.spb.ru

Аннотация. Проведен ретроспективный обзор основных этапов развития информатики и вычислительной техники в нашей стране за последние десятилетия прошлого века и перспективы ближайших десятилетий. Использован опыт работы автора в институтах Новосибирского Академгородка и корпорациях DEC, Compaq, HP, Symantec.

Stages of Development of Informatics in our Country: from Computer Rooms to Cloud Computing

Khrapkin P.
Bureau ESG, St.-Petersburg

Abstract. This work is retrospective review of major steps in the development of computer science and practice in our country over the last decades of XX century as well as prospects for the coming decades discussed. It outlines the experience of the author in Akademgorodok Institutes and corporations DEC, Compaq, HP, and Symantec.

Начало 1970х годов прочно ассоциировало Электронно-Вычислительные Машины с наукой. Сейчас аббревиатура **ЭВМ** почти не используется, а тогда с этими буквами связывались ученые в белых халатах, шкафы с ячейками памяти, тускло светящимися электронными лампами, работа за пультом вычислительной машины в специальном зале с кондиционированным воздухом и системами специального пожаротушения. Это было сродни мифическому управлению атомным реактором или синхрофазотроном. Моего одноклассника в ФМШ Новосибирского Академгородка Николая Дудорова снимали кинооператоры, поставив «для антуража» невысокого Колю на скамеечку. Сама Машина занимала большой зал – нам рассказывали, что ее привезли в нескольких вагонах. Конечно, такая техника была доступна лишь самым некоторым избранным, особенно важным Институтам Академии Наук, поэтому архитекторы Академгородка предусмотрели специальное здание Вычислительного Центра посредине Проспекта Науки. Предполагалось, что два десятка расположенных рядом научных учреждений будут основными потребителями дефицитного ресурса – **машинного времени**. А отдельные научные направления, требующие особенно больших вычислительных ресурсов разместятся рядом с ЭВМ на этажах ВЦ.

В самом деле, став стажером-исследователем в соседнем Институте Ядерной Физики, я ежедневно пересекал Проспект Науки, приходя за **распечатками** и занимаясь **подготовкой перфокарт**. Перфокарты сдавались в окошечко дежурной сотруднице ВЦ, распечатка с результатом могла быть получена на следующий день. Кроме того, в ряде случаев мы обращались в группу КСИ-БЭСМ – лабораторию самого ВЦ, занимавшуюся по нашим запросам расчетами траекторий электронных пучков. КСИ-БЭСМ – Компилирующая Система для Большой Электронно-Счетной Машины – несколько кандидатов наук во главе с доктором Котовым – была вооружена **читалками перфокарт** – картонной карточкой, облегчающей чтение задаваемых КСИ-БЭСМ параметров. Умение задавать программе параметры расчета, и уж тем более программирование, то есть **составление программ на машинных языках** или на языках высокого уровня – Алголе, Фортране, Коболе – было чем-то из области почти фантастики.

Узкие специалисты в машинных языках говорили о двух- и трехадресных машинных командах и даже посягали на святая святых – двоичный код: в МГУ разрабатывали троичную ЭВМ. Приехавший в Дом Ученых Академик Глушков сделал доклад о перспективах безбумажной технологии – увы! – это все и сейчас еще из области фантастики.

В те годы вспыхивали модные тогда дискуссии о возможности **машинного перевода**, о том, может ли машина мыслить – ведь сама по себе мысль и средство ее отображения – язык очень близки... Фантасты предсказывали, что мыслящие машины превзойдут их творца, человека, но скептики останавливали их тем аргументом, что даже перевод с одного человеческого языка на другой станет возможным лишь через сотни лет.

Замечу здесь вкратце, что сегодня и в самом деле компьютерный перевод, особенно по хорошо знакомой профессиональной тематике значительно хуже перевода человека. Но сам я, переводя с английского на русский язык (а еще чаще в обратном направлении или с другим языком) нередко поглядываю на страницу перевода, сделанного в Интернете – так легче подбирать фразы.

В середине 70х в конференц-зале ИЯФ на встрече с Академиком А.П.Ершовым я впервые услышал термин **информатика**. Откровенно говоря, тогда мне использование этого слова казалось всего лишь «научообразием», а интересен был скорее рассказ Андрея Петровича о встречах с его американским коллегой Мак Кракеном (книга Мак Кракена о программировании на Фортране была для нас настольной). Андрей Петрович рассказывал, что профессор Мак Кракен, готовясь к чтению лекции, заносит ее текст в ЭВМ, а на следующий день его студентам не нужно делать конспекты – они получают их в виде распечатки. Тогда это звучало так же фантастично, как машинный перевод.

Андрей Петрович говорил о поколениях ЭВМ – на базе ламп, транзисторов, о том, как изменятся параметры памяти и быстродействия в будущем со сменой элементной базы. Действительно, на смену лампам и транзистором пришли интегральные схемы. Сегодня говоря о мега- и гигабайтах уже никто кроме инженеров – специалистов по полупроводниковым приборам не связывает эти цифры с количеством транзисторов, приходящихся на кубический миллиметр. Говоря о поколениях информационных машин, мы просто связываем такие цифры с объемом хранящейся и обрабатываемой информации, сопоставляем их с типичным размером файлов, с которыми имеем дело – с текстами документов, фотографиями. А значит, скорее, связываем технические параметры компьютеров с **социальными аспектами**. Давайте же проследим за развитием вычислительной техники за последние десятилетия в нашей стране, посмотрим, как влияли технологии на повседневную жизнь, и что сулят нам эти изменения в последующие годы.

Конец 70х – 80е годы прошлого века отмечен как успех мини-ЭВМ. Взамен больших машин – оригинальных российских (Минск, Урал) и отечественных аналогов знаменитых ИБМ (ряд ЕС ЭВМ), пришли машины, занимавшие только один шкаф – машинную стойку. В эту стойку помещались и диски, и процессор, и оперативная память, содержащая фрагменты информации, хранящейся на более медленных дисках. В это время в моем родном институте появилось 5 залов, в которых рядами стояли шкафы, обслуживающие отдельные лаборатории или группы исследователей. Пользователи работали уже не с колодами перфокарт и распечатками, а сидели за видеотерминалами, вынесенными из машинного зала прямо на рабочие столы. Их обслуживание все еще требовало специфических навыков, регулярных регламентных работ и ремонта. Поэтому каждому залу была придана группа специалистов – электронщиков и программистов.



Работая в такой группе обслуживания, мы увидели, что чаще всего дело не в умении излагать свои научные мысли на том или ином языке программирования. Сами по себе программные системы становились все сложнее и сложнее, их создание было связано с десятками, сотнями и даже многими тысячами **человеко-лет**. В появившейся в те годы классической книге американского специалиста по программным проектам Брукса-младшего говорилось о том, что история создания программных проектов подобна трагической истории динозавров, тонущих в асфальтовых болотах. В нашей стране коллективы были не в состоянии объединить в единый проект даже десяток человеко-лет. Группы энтузиастов то возникали на обломках преж-

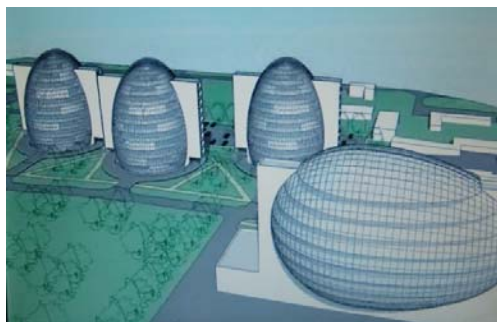
них направлений работ, то разваливались из-за причуд финансирования. Наступала перестройка, и объединить усилия десятков инженеров, скоординировать их работу на протяжении многих лет в условиях распадавшегося Советского Союза было просто невозможно. Так настало время «клонирования» и «освоения». Ведь локализовать за океанские программы – нередко нелегально, то есть с нарушением международных прав интеллектуальной собственности, было несопоставимо дешевле, чем строить сложную «многослойную» систему самим. Но еще больший вред приносили «улучшатели» – те, кто делал копируемую систему «чуть-чуть лучше» в одном из базовых слоев, не задумываясь о тех, кто будет строить следующий уровень прикладных систем. Казалось бы, незначительно изменив архитектуру (систему команд, добавив новые привлекательные возможности совсем немного изменив «оригинал») горе-улучшатели тем самым отменяли богатые – теперь уже недоступные – разработки. В последующие десятилетия появился яркий образ: соотношение стоимости между аппаратурой и работающим на ней программным обеспечением подобно стоимости товара и его упаковки. Забегая вперед, замечу, что в ближайшие десятилетия программные системы, очевидно, станут не более чем «упаковкой» для хранящейся в том или ином **формате** информации.

Трудность была не столько в том, чтобы рядовым пользователям освоить премудрости архитектуры ЭВМ и научиться программировать, а в умении пользоваться сложными – сегодня сказали бы **информационными системами**. Тогда еще не очень хорошо научились прятать сложность внутреннего устройства системы от использующего ее человека (сегодня бы сказали – **интерфейс**) и нужен был специалист-переводчик. Мы и были такой группой переводчиков.

Другой важный аспект применения программно-аппаратных комплексов – их надежность. Мой коллега опубликовал статью в журнале «Вопросы философии» о том, что существование вычислительной техники, вообще, возможно лишь при очень низкой (10^{-5} и меньше) вероятности ошибки при копировании информации с одного носителя (к примеру – магнитной ленты или диска) на другой. Способом повышения надежности стала **избыточность** в кодировании информации. Каждый байт данных сопровождался одним или несколькими дополнительными битами, содержащими **контрольную сумму**. Это позволяло создавать **коды исправляющие ошибки**, то есть при появлении сбоя аппаратура сама могла обнаружить неправильные данные и исправить их. В начале 90х мне довелось работать рядом с инженерами фирмы Digital Equipment Corporation, сформировавшими технологию RAID, позволившую ценой минимально возможного дополнительного (избыточного) дискового пространства существенно уменьшить вероятность потери данных. Впоследствии эта же технология стала повсеместно использоваться для устройств оперативной памяти, а также при передаче данных по каналам связи.

Вслед за переносом видеотерминалов из машинных залов к пользователям, прямо к ним перенесли некоторые **периферийные устройства** – печатающие, непосредственно управляющие аппаратурой и получающие данные с датчиков. Конечно, для управления этим хозяйством потребовались контроллеры и микро-ЭВМ – вначале из «электротехнических» соображений, для уменьшения кабельных трасс, а потом и как **ЭВМ на местах**. У нас для этой цели повсеместно стали использовать машины «Электроника-60» размером с ящик стола. Перераспределение вычислительной мощности между центральной машиной – (**сервером**) и периферийными ЭВМ (**клиентами**) и по сей час предмет «дискуссий» и «течений развития». Взять хотя бы концепцию **тонкого клиента** – периферийной машины, являющейся только и исключительно устройством для связи с информационными ресурсами на сервере.

В конце 70х годов в соседнем Институте Автоматики под руководством академика Нестерихина построили здание с архитектурой «Кашеева яйца» (позже эта идея неоднократно появлялась в проектах различных **Центров Коллективного Пользования**): в геометрическом центре помещается дефицитный вычислитель, а помещения вокруг занимают клиенты – пользователи этого ресурса. Знакомая архитектурная идея, не так ли? В основе ее все та же мысль: если скорость распространения информации в пространстве ограничена, то надо разместить клиентов-получателей информации как можно ближе к источнику. Лучшая геометрическая фигура для этого – круг, в пространстве – шар, а дефицитный ресурс – вычислитель – в центре. Однако теория ограничивает скорость распространения сигнала скоростью света. На практике **пропускная способность** информационного канала ограничена природой передаваемого сигнала и тем, как он используется получателем. Если передаваемый сигнал – просто бит данных, который служит «спусковым крючком», а получатель сам знает, как его обрабатывать, то скорость канала ограничена, лишь скоростью света в вакууме 300 000 км/сек. Сопоставив эту цифру со временем реакции человека (секунды) и размерами микрорайона или здания (сотни метров – километр), легко понять их несопоставимость. Если вы передаете картинку по отдельным точкам – **попиксельно** – то время передачи зависит от разрешения дисплея, от количества точек на квадратный сантиметр рисунка изображения. Говоря о трехмерных изображениях, мы будем говорить о рендеринге – раскраске получаемого изображения. В 1982г в лаборатории С.Л. Мушера из Института автоматики мне рассказали о «туманной дымке» – сдвиге спектра удаленных предметов в серо-голубую часть видимого спектра, требующей огромных вычислительных ресурсов. Интеллектуальные возможности приемника позволяют существенно сократить объем передаваемой информации. Требования к каналу связи сокращаются с использованием **кодирования-декодирования информации** на приемном и передающем концах. А значит, речь идет не столько о длине и электротехнических характеристиках среды распространения сигнала, сколько о балансе этих характеристик и «интеллектуального уровня» приемно-передающих устройств. За прошедшие десятилетия технологии в этой области совершили гигантский скачок, но как же часто мы видели (и видим!) несоблюдение баланса между «интеллектом» вычислительных машин и каналами связи. И как следствие – странная строительная архитектура.



Но вернемся в 80е годы прошлого века. Благодаря Министерству электронной промышленности и Приборостроения, а главное – усилиями инженеров – электронщиков и программистов были разработаны ЦДР (цветной дисплей растровый) и даже клон ЭВМ ОДРА-1325– Одренок, помещавшийся как стандартный блок аппаратуры КАМАК рядом с другими электронными блоками прямо в радиостойке вместе с другими электронными приборами. Дело в том, что появившаяся к тому времени в нашей стране элементная база позволяла поместить весьма значительный «интеллект» внутри нескольких интегральных микросхем, управляющее устройство теперь помещалось на одной-двух платах. Это была уже полнофункциональная ЭВМ, но гораздо важнее, что основные компоненты программной среды – операционная система, транслятор, текстовый редактор, библиотеки системных программ были также созданы «в домашних условиях» небольшой группой специалистов. Было изготовлено несколько сотен Одрят. Эта история сродни легендам о разработке первых ЭВМ Hewlett-Packard или ОС UNIX в гараже. Думаю, эти легенды созданы маркетинговыми подразделениями соответствующих коммерческих компаний, но протекавшая на моих глазах история Одрят – правда¹. Думаю, сейчас с усложнением современных информационных систем подобные самоделки – такая же фантастика, как созданный алхимиком философский камень или эликсир бессмертия.

Само по себе появление надежных, компактных, а главное – относительно дешевых ЭВМ попавших в круг **персональных** устройств породило множество непростых, подчас драматических историй. Президент и основатель Digital Equipment Corporation

Кен Олсен неосторожно сказал: «Я не могу себе представить использование ЭВМ в личных целях». Эта фраза стала причиной его отставки и распада DEC через 15 лет. Фирма ИБМ, породившая целый класс **ИБМ-**

¹ См. Соответствующие публикации разработчиков – Тарарышкина, Нифонтова, Левичева, Белова, Пискунова

совместимых персональных компьютеров не смогла угнаться за множеством молодых агрессивных компаний, но что гораздо более важно – отстала от разработчиков программного обеспечения, в частности, от Микрософт. Специалисты в области ЭВМ утратили ореол «посвященных» и стали играть, в общем-то, обычную в социальном отношении роль посредников между различными группами граждан.

Нет нужды останавливаться на развитии компьютерных сетей – от ФИДОНет и АКАДЕМСЕТИ до современного состояния Интернет. С точки зрения обсуждаемых здесь социальных аспектов использования средств вычислительной техники, важно, что круг людей использующих различные информационные ресурсы ЭВМ вышел за пределы одного отдельного зала, предприятия, наконец – страны. В то же время, РС реально вошли в повседневный быт практически каждого члена нашего общества. Покупки через Интернет или анализ состояния личного банковского счета, даже использование мобильного телефона – ведь это использование сетевой архитектуры ЭВМ! Даже вычислительной эту технику называют лишь по традиции, ее суть не вычисления, а передача, фильтрация и накопление информации. Согласитесь, что распространенный термин компьютер – калька с английского «вычислитель» – совсем не отражает сущности того, что мы имеем в виду.

Поговорим теперь о Системах Автоматизации Проектирования (САПР) – прикладной области тесно связанной с информатикой. Все те машины и приборы, автомобили, корабли, самолеты, здания и компьютеры – все то, что окружает нас, характеризуя собой уровень развития нашего общества – это результат множества проектов. Уровень и сложность проектируемых разработчиками систем определяется возможностью проектировщиков объединять свои усилия, состыковывать и корректировать проекты в зависимости от реалий производства, материально-технического снабжения, а главное – с опытом предшествующих проектов, их информационным наполнением. Любой проект сегодня – это информационная система, немислимая без средств вычислительной техники – ЭВМ. Подчас в основу создаваемого проекта кладутся математические модели – гидродинамика, тепловые или прочностные расчеты. Но любой инженер хорошо знает, что в жизни это лишь мизерно малая часть проекта. Бесчисленные согласования, неизбежные человеческие ошибки и их устранение и есть те «асфальтовые болота» в которых нередко тонут проекты-динозавры. А «выживают», то есть доводятся до производства, входят в наш быт те, что используют доступную информацию наилучшим образом.

Типичный проект – атомной электростанции, завода или жилого здания – это многие тысячи деталей. Ошибка в проектировании отдельных деталей приводит к **коллизиям** – ошибкам проектировщиков, которые в ряде случаев обнаруживаются лишь на более поздних этапах проекта, что приводит к необходимости дорогостоящих переделок, которые, в свою очередь, могут быть не лишены ошибок. Некоторые технологические модули системы САПР позволяют заметно сократить вероятность ошибок и облегчить координацию работ между конструкторскими подразделениями: например, включение в систему модуля 3D позволяет на ранних этапах проектирования легко увидеть ошибки и геометрические нестыковки между частями конструкции, а соединение с системой материально-технического снабжения – увидеть допустима ли та или иная замена отдельных компонентов и материалов; использование нормативно-справочной подсистемы облегчает контроль и проверку того удовлетворяет ли проектируемое изделие основным требованиям стандартов и отраслевых правил. Возможность работы с архивом завершенных в прошлом проектов позволяет повторно использовать то, что уже прошло проверки, а значит повысить надежность и качество проекта в целом, поднять производительность труда проектировщика. Итак, сам по себе проект и работающие в нем люди – это сложная информационная система. Ее надежность и сама жизнеспособность, как и во всякой системе – это не только надежность и работоспособность отдельных частей системы; важна сбалансированность отдельных частей и связей между ними – каналов связи своевременно передающих нужные данные потребителям и способных исправлять погрешности отдельных элементов.

В последние годы много говорят о компьютеризированном документообороте – административном и инженерном, о применении автоматизированных систем на различных этапах жизненного цикла проекта. Основатель корпорации Майкрософт Билл Гейтс предсказывал, что в будущем появятся микропроцессоры в канцелярских скрепках, они будут сообщать, где находится документ, к которому они прикреплены и что с ним происходит.

Так что же сулят нам современные технологии информационных систем в ближайшем и в более отдаленном будущем?

Последние 5–7 лет нередко можно услышать термин **Web 2.0**. Так отмечают сейчас активное использование в пользовательском интерфейсе средств мультимедиа – движущихся изображений, звука. Выше мы уже отмечали, что сама по себе передача такого рода данных обязательно требует не только значительной вычислительной мощности порождающих их систем, она возможна лишь вместе с очень производительными **каналами связи** и нуждается в существенном «интеллекте» компьютера-приемника. Поэтому суть Web 2.0 не столько в форме предоставляемой пользователю информации, сколько в том что, пользуясь широкополосной связью, пользователь легко (и даже незаметно для себя) подключается к удаленным информационным ресурсам, зачастую значительно превосходящим то, что находится рядом с ним в его непосредственном владении.

Еще один термин для обозначения таких систем – **облачные вычисления**: где-то «в облаке Интернет» находится сервер или множество серверов, разного рода накопители, предоставляющие потребителям нужные данные в удобной для них форме. Суть облачных вычислений в том, что совершенно неважно, где именно находится «вычислитель». Говоря «облачные», мы подчеркиваем, что главное для нас – предоставляемый информационной системой сервис, неважно речь идет о сервере расположенном в соседнем помещении, в другом здании или в другой стране. Ведь дозваниваясь по мобильному телефону, вы не задумываетесь о расположении

сотовых ячеек, коммутаторов и прочих архитектурно-технических деталях оператора связи. Важно лишь то, что вы можете «дозвониться» за считанные секунды. Видимо этот бытовой пример – образчик ближайшего будущего в развитии информатики в целом.

Как пример, хорошо демонстрирующий применимость (тут правильнее было бы сказать – неприменимость!) облачных вычислений в современных условиях приведу типичные параметры систем САПР:

- количество людей, занятых в проекте – несколько сот, иногда несколько тысяч;
- географическая распределенность коллектива проектантов – от нескольких комнат одного здания до нескольких государств;
- временные рамки – от нескольких недель до десятков лет;
- объем данных используемых в проекте – несколько Гигабайт или Терабайт;

Передача нескольких Гигабайт графических данных при нынешних каналах связи занимает несколько часов. Очевидно, нереально тратить на загрузку проекта в начале каждого рабочего дня несколько часов, но через 2-3 десятилетия или раньше подобное подключение к сложной рабочей модели станет повседневной реальностью, и даже не будет ощущаться как задержка. Вместе с тем и сложность (а значит и объем информации!) будущих проектов тоже повысится. Удастся ли достичь нужного баланса между объемом используемых данных и технологиями их передачи и представления? Возможно, ли будет откорректировать проект во время эксплуатации изделия?

Между тем, в сети Интернет накоплено огромное количество информации о научных разработках и о товарах в магазинах, художественные произведения, музыка и личные данные в социальных сетях и фотоальбомы, и т.д. и т.п. и объем этой информации быстро растет. Более того – растут темпы прироста объема доступной информации: по данным IDC в 2012 году будет создано в 5 раз больше цифровой информации, чем в 2008. Таким образом, хранить и обрабатывать в персональном компьютере или в локальной вычислительной сети разумно лишь то, что слишком медленно было бы получать «из облака», ведь там, как правило, информация полнее и специфичнее для удаленного источника.

Мой британский друг и коллега доктор Дэвид Проберт в статье о социальных перспективах Web 2.0² предсказывает, что последствия широкого распространения мультимедийных технологий для общества сопоставимы со значением для человеческой истории колеса, письменности, ткацкого станка и книгопечатания. С появлением письменности связывают такие значительные реализованные проекты как пирамиды в Египте – без него было бы невозможно составить проект и вовлечь в работу над ним тысячи людей. Распространение ткацкого станка породило промышленное производство и товарно-денежные отношения: если в аграрном обществе социальный статус человека определялся его кровью – происхождением, в индустриальном – наследованным или приобретенным капиталом. В постиндустриальном обществе соединенном Web 2.0 – уровнем пройденных учебных курсов, количеством и тематикой сданных экзаменов и полученных сертификатов, опытом работы в соответствующих проектах и отзывами коллег. Множество элементов такого рода связей – компьютерных и человеческих – мы видим уже сейчас. Но будущее потребует от информационных технологий Тера- и Петабайтов данных, передаваемых со скоростью реакции человека – за доли секунды, потребует оперативного взаимодействия членов виртуальных коллективов и управления этими коллективами, потребует новых шагов в науке и практике информатики.

²Dr David E Probert – *V/AZA International Discussion Paper – Strategic Business Planning & Management for the 21st Century*. 2007.

История развития микроэлектроники в ленинградских КБ: (ЛКБ – ЛКТБ)

В.П. Цветов
Начальник ЛКТБ с 1973 по 1993 г.
vpc@yandex.ru

The History of Microelectronics Development in the Leningrad Design Bureau

Tsvetov V.
(Leningrad Design Bureau head 1973–1993)

История микроэлектроники в Ленинграде началась в 1956 году, когда в город приехали два иностранных специалиста в области радиоэлектроники: Филипп Георгиевич Старос и Йозеф Вениаминович Берг. Ф.Г. Старос сумел создать научный творческий коллектив, который выполнил ряд пионерских работ высокой важности. Вот как описывают начальный период деятельности коллектива два старейших участника этого процесса кандидаты наук (здесь и далее будут указываться научные степени и звания на момент написания статьи) Г.А. Филаретов и М.С. Лурье:

«В начале пятидесятих годов прошлого века многие отечественные и зарубежные фирмы работали над проблемами миниатюризации электронного оборудования. Миниатюризация достигалась главным образом за счет менее габаритной элементной базы. В научной литературе США и некоторых европейских стран обсуждались пути возможного решения новых подходов к технологии электронных приборов, основанные не на индивидуальном, а на групповом интегральном способе их изготовления. Вскоре этот новый подход получил название микроэлектроники.

В 1956г. в Ленинграде решением Правительства формируется спец. лаборатория СЛ – 11, которую возглавляют инициаторы этого решения – Ф.Г. Старос и И.В. Берг. Целевая задача лаборатории – разработка практических основ микроэлектроники: микросхем, создаваемых групповым способом и имеющих при этом в своем составе все необходимые схемные компоненты. Отсюда вытекала первейшая задача – найти способы создания этих компонент в рамках интегрального подхода. Численный состав лаборатории на конец 1956г. составлял 25 человек, из которых мы были тогда единственными физиками. В 57 – 58 годах лаборатория стремительно разрасталась, в ее составе формировались новые группы по направлениям (пленочная технология, твердотельная технология, ферриты, хим. обработка и хим. анализ) и уже через несколько лет была преобразована в конструкторское бюро КБ – 2, на годы ставшее своеобразным «центром кристаллизации» нового направления. С самого начала СЛ-11 и особенно КБ-2 формировались по принципу системной самодостаточности».

Основой научной идеологии Ф.Г. Староса была идея вертикальной интеграции, нисходящей сверху вниз от электронной системы до компонентов, их микроминиатюризация, и на этой базе обратное восхождение от микроэлектронных устройств к более совершенной системе. Так родилась идея микроэлектроники. Идея вертикальной интеграции и концепция микроэлектроники не противоречат, а лишь дополняют друг друга. Коллектив Ф.Г. Староса достиг больших практических успехов в создании законченных электронных систем¹. Филипп Георгиевич неоднократно проявлял себя как незаурядный организатор. Автор этой статьи был участником первого в Ленинграде совещания по микроэлектронике, организованного и проведенного Ф.Г. Старосом в начале 1960 года. Были собраны представители всех предприятий города, имеющих отношение к электронным компонентам: «Светлана», НИИ-34 (будущий «Позитрон»), «Феррит»... Для меня слово «микроэлектроника» прозвучало впервые. Думаю, что в этом я был не одинок.

Прогрессивная научно-техническая идеология Ф.Г. Староса дополнялась практической деятельностью молодого, творчески активного коллектива. Одним из первых электронных компонентов, отнесенных к изделиям микроэлектроники, явился микроминиатюрный куб памяти, построенный на многоотверстных ферритовых пластинах. Этот этап работы комментирует В.Е. Хавкин – кандидат технических наук, лауреат премии Правительства России, который совместно с к.т.н. Р.А. Лашевским и С.И. Крейниным являлся руководителем технического направления по запоминающим устройствам на предприятии – сначала на основе ферритовых элементов, а затем на полупроводниковых.

«В 1957–58г.г. развернулись работы по основным направлениям того, что вскоре назовут микроэлектроникой. Это, прежде всего, микроминиатюрные кубы памяти на многоотверстных ферритовых пластинах. В качестве прототипа был выбран куб памяти, предложенный в том же 1957 году американским ученым Я. Райхманом. Принципиальное отличие заключалось в том, что в варианте Староса и Берга отверстия в пластине изготавливались не литьем под давлением, а ультразвуковым сверлением с помощью специального многоместного инструмента под названием «ерш». Поэтому диаметр отверстия был уменьшен с 0,6 до 0,3мм, а позднее до 0,18мм. Это позволило значительно снизить управляющие токи и повысить устойчивость за счет эффекта неограниченного магнитного потока. На основе таких пластин (в одной пластине один разряд памяти) были созданы кубы памяти «Куб-1» на 128 16-разрядных чисел, который сначала изготавливался на опытном участке СЛ-11, а позднее был серийно освоен и выпускался на 9 заводах. В кубе памяти А.И. Шокин увидел первое интегральное устройство, хотя еще и не полупроводниковое. В последующие годы были созданы

¹ М.П. Гальперин. Прыжок кита. СПб: Политехника-сервис. 2010 г. 352 с.

кубы памяти «Куб–2»(1964г.) и ряд кубов памяти «Куб–3» (1966г.) на числовых пластинах с более высокими техническими характеристиками».

Практические результаты работ по созданию кубов памяти защищены более чем 10-ю авторскими свидетельствами. Ф.Г. Старос обладал не только концептуальным предвидением (идея микроэлектроники, идея вертикальной интеграции), но и пониманием этапов практической реализации своих идей. На предприятии Староса развернулись работы по созданию гибридных интегральных схем. Начало этой пионерской работы, как и многих других, проходило трудно. Вот что говорит об этом этапе А.М. Скворцов, профессор, доктор технических наук, пришедший в коллектив Староса после нескольких лет работы в полупроводниковом цехе завода «Светлана»:

«Уже на первом этапе начались работы над созданием бескорпусных транзисторов для построения гибридных интегральных схем. Для гибридных схем кристаллы стали получать с полупроводниковых заводов, а всю остальную цепочку операций, приводящую к созданию надёжного бескорпусного транзистора, стали отрабаты- вать сами».

Разработкам гибридных интегральных схем способствовало развитие пленочных технологий для создания пассивных радиокомпонентов и проводящих межсоединений на подложках гибридных интегральных схем. Для обеспечения комплектации блоков оперативной памяти выпускался ряд специализированных гибридных схем (формирователи разрядных токов, усилители считывания, устройства временной селекции) в конструктиве МИГ–1. Главные направления интегральной микроэлектроники были впереди. К началу 60-х годов стало ясно, что из двух направлений – гибридная и монокристаллическая технологии изделий микроэлектроники – побеждает последняя. Свое повествование продолжает А.М. Скворцов:

«Осенью 1962г. Старос пригласил меня к себе в кабинет, расспрашивал о работах, в которых я принимал участие. Филипп Георгиевич внимательно меня выслушал и, подав журнал на английском языке, спросил, читал ли я его. Услышав моё чистосердечное признание в том, что за последний год я не смотрел ни одного иностранного журнала, он вручил мне этот журнал и предложил ознакомиться с его содержанием. Так я впервые узнал о локальной диффузии с маскированием поверхности кремния слоем SiO_2 .

В этом же году был согласован со Старосом вопрос о начале разработки планарной технологии, которая позволила бы начать разработку интегральных микросхем. Фактически была основана лаборатория полупроводниковой микроэлектроники. Первым приглашённым в лабораторию был начальник участка диффузии цеха полупроводниковых приборов «Светланы», талантливый инженер, выпускник кафедры физики полупроводников ЛПИ им. М.И. Калинина В.В. Цветков. Он начал работы по изготовлению установки для диффузии в кремний. Позже к работам по диффузии примесей были привлечены молодые специалисты М.Н. Кайдановская, студентка Н.С. Щелкунова, а также опытный инженер Н.В. Щетинина, перешедшая в ЛКБ со «Светланы».

По пониманию динамики развития микроэлектроники Ф.Г. Старос всегда опережал многих специалистов, руководителей предприятий отрасли. Именно поэтому ряд работ ЛКБ имел пионерский характер. К числу таких результативных достижений относятся интегральные диодные матрицы ИДМ и ИДМА, МОП транзистор как предтеча монокристаллических интегральных схем на МДП транзисторах. В акте Госкомиссии по приемке НИР «Орнамент» (научный руководитель А.М. Скворцов) записано: «Впервые в СССР разработан МОП транзистор с параметрами, позволяющими разрабатывать на его основе МОП интегральные схемы». Как продолжали развиваться события, описывает А.М. Скворцов:

«По результатам «Орнамента» мы открыли ОКР «Ориентир». Главный конструктор Старос, заместители гл. конструктора: по технологии Скворцов, по автоматизированной системе разработки фотошаблонов В.М. Вальков (впоследствии доктор технических наук, профессор, директор ЦНИИ «Электронстандарт»). Эта ОКР была сдана в начале 1969 года. Испытания микросхем прошли нормально, и на основании Акта Госкомиссии ЦБПИМС зарегистрировало эти 8 типов микросхем под 120 серий. В Акте отмечалось, что в ЛКБ получены первые отечественные МОП интегральные схемы. К концу 1970 года в серии 120 было уже 20 типов ИС. Серийно микросхемы выпускались на одном из заводов в г. Саратове».

Время диктовало необходимость повышения степени интеграции монокристаллических интегральных схем, а задача эта комплексная. Необходимо было организовывать изготовление фотошаблонов – и это делается (руководитель Б.Н. Котлецов, к.т.н.), необходимо оснащать предприятие средствами машинного проектирования (САПР) – и это делается (руководитель Ю.И. Шендерович, д.т.н.). Комментирует один из основных разработчиков САПР кандидат технических наук Б.В. Морозов:

«На предприятии был разработан и реализован на ЭВМ М220 комплекс программ, который включал в себя подсистемы, автоматизирующие основные этапы разработки ИС и БИС: схемотехническое проектирование, логическое моделирование, топологическое проектирование (включающее контроль топологии на соответствие принципиальной схеме), подготовка информации для фотонаборной установки при изготовлении фотошаблонов, подготовка тестов функционального контроля микросхем и управляющей информации для тестирующих устройств».

Рискуя не упомянуть кого-либо из основных разработчиков, ограничусь утверждением об их высокой квалификации.

Такой комплексный подход к разработке ИС, а позднее БИС, заложенный Ф.Г. Старосом, позволил предприятию решать сложнейшие задачи в течение длительного периода. Определенный практический итог деятельности ЛКБ под руководством Ф.Г. Староса в области создания и внедрения в производство на ряде заводов отрасли изделий микроэлектроники подвел А.М. Скворцов:

«Впервые в СССР сделаны:

- интегральное полупроводниковое устройство – интегральная диодная матрица;*
- запоминающее устройство на многоотверстных ферритовых пластинах и интегральном диодном дешифраторе;*
- МОП–транзистор с параметрами, позволяющими разрабатывать МОП интегральные схемы;*
- серия интегральных микросхем на МОП–транзисторах (серия 120);*
- чистая комната для разработки и изготовления полупроводниковых интегральных микросхем;*
- мозаичная БИС на бескорпусных МОП ИС 120 серии».*

Большую роль в эффективности работы коллектива играла атмосфера, созданная Старосом – руководителем. По свидетельству М.С. Лурье и Г.А. Филаретова: *«Работа коллектива проходила в совершенно удивительной творческой атмосфере. И Старос и Берг по возможности старались не командовать. В рабочих беседах они могли вначале поговорить о музыке, об общечеловеческих вопросах и только потом поинтересоваться, как дела и дать ненавязчивые рекомендации. Мы могли спорить, возражать, не соглашаться, но принятое решение становилось незыблемым абсолют. Сейчас, по прошествии половины столетия, поражает дар технического предвидения Староса. Вспоминается, как однажды, году в шестидесятом, разговор шел о перспективах и Филипп Георгиевич рассказывал, каким видится ему будущее микроэлектроники (напомним, что это было еще во времена ламповой БЭСМ). Все о чем он тогда говорил – это наши сегодняшние персональные компьютеры, в том числе карманные, интернет и информационно–управляющие системы».*

Все «старосята», которым посчастливилось непосредственно работать со Старосом и Бергом, навсегда помнили щедрых, как любимых учителей, а КБ–2 – как лучшее время своей жизни. А.М. Скворцов:

«Время работы в ЛКБ было самым счастливым. Именно в ЛКБ начался новый период работы, работы интересной, творческой. Быстро вжился в коллективы нашей лаборатории и смежных по тематике отделов. Старос дал направление работ и предоставил полную самостоятельность. Мы периодически докладывали Старосу о ходе работ, решали у него возникающие вопросы».

М.П. Гальперин:

«Старос и Берг были необычайно одаренными инженерами – именно такими их любили и продолжают почитать многочисленные ученики и ученики их учеников».

В.В. Цветков:

«Такого высокоэффективного сотрудничества инженеров и высококвалифицированных рабочих не приходилось встречать ни в одной из фирм, с которыми мы работали. ЛКБ стало настоящей кузницей кадров, перешедших работать во многие НИИ и производственные предприятия».

Прошли годы. Школа Староса превратила ее учеников в крупных специалистов. 50 человек, работавших в разные годы под руководством Филиппа Георгиевича, получили ученые степени кандидатов и докторов наук. Докторов наук – 11 человек. Такое количество ученых высшей квалификации доступно не каждому НИИ, не говоря уж о КБ. 8 человек имеют звание лауреата Государственной премии СССР. Славный итог, а некоторые ученики Староса находятся на трудовом посту спустя более 50 лет со времени прихода в лабораторию СЛ–11.

У читателя может возникнуть вопрос: почему доклад подготовлен НЕ учеником Староса? Во–первых, это было поручение его учеников Е.И. Жукова, В.Я. Кузнецова, А.М. Скворцова, Г.А. Филаретова, В.Е. Хавкина. Во–вторых, автор проработал 20 лет с ними начиная с 1973 года. В–третьих, в тексте приводятся их высказывания.

В 1972–73 годах жизнь ЛКБ сделала крутой поворот. В 1973 г. на заседании Коллегии МЭП было заслушано сообщение главного инженера ЛКБ И.В. Берга о ходе производства микрокалькуляторов. Положение дел было признано неудовлетворительным, Берг освобожден от занимаемой должности. На должность главного инженера ЛКБ назначен Владимир Иванович Селиванов, который до этого момента работал главным конструктором полупроводниковых проборов завода «Светлана». В.И. Селиванов имел 15–летний опыт практической производственной работы, прошел путь от рядового инженера–метриста до главного конструктора Новгородского завода полупроводниковых приборов, затем на заводе «Светлана» в течение ряда лет руководил отделом главного конструктора. Одновременно на Коллегии МЭП было принято решение направить в Ленинград комиссию по комплексной проверке работы ЛКБ. Председателем комиссии был назначен заместитель Министра К.И. Мартюшов, курирующий полупроводниковую тематику, в состав комиссии были введены высокопоставленные руководители главков – начальник производственного Управления Б.Н. Гуляев, начальник Управления кадров А.А. Маклаков и др. В конце июня 1973 года комиссия, поработавшая в течение недели в ЛКБ, приняла следующее организационное решение:

- в силу однородности тематики двух разработческих подразделений в составе ЛОЭП «Светлана» – ЛКБ и СКТБ – рекомендовать их объединить, организовав ЛКТБ – Ленинградское конструкторско–технологическое бюро;
- рекомендовать назначить начальником ЛКТБ Виктора Пантелеймоновича Цветова (работавшего до этого времени начальником СКТБ);
- поручить В.П. Цветову в кратчайший срок резко улучшить состояние с производством микрокалькуляторов, обеспечив их выпуск в количестве не менее 2000 штук до конца года.

Для концентрации усилий разработчиков ЛКБ и работников «Светланы», в том числе сотрудников СКТБ, уже имевших к тому времени значительный опыт разработок и организации производства полупроводниковых приборов, на «Светлане» были проведены серьезные организационные преобразования. В ЛКТБ был переведен целый ряд опытных работников завода и организован производственный цех с полной инфраструктурой по об-

разцу цехов «Светланы». К концу 1973 года были выпущены первые две тысячи микрокалькуляторов первой модели и одновременно начаты разработки следующих моделей. Большую роль в выполнении этого минимального, но очень сложного для только что родившегося нового научно–производственного организма ЛКTB, сыграл его главный инженер – В.И. Селиванов. Его работа в этой должности (1973–1985) была отмечена Государственной премией СССР за разработку нескольких серий больших интегральных схем.

Для кадрового усиления технологического подразделения ЛКTB в последующие годы в его состав были переведены ведущие сотрудники «Светланы»: Я.В. Дьяченко, Н.Ф. Зитта, В.А. Фогель. Сочетание «новой крови» и «старых» сотрудников–технологов бывшего ЛКБ (В.М. Бурштейн, М.Н. Кайдановская, Л.М. Норкин, Э.А. Одинцова, В.В. Цветков, Н.В. Щетинина) дало положительные результаты. За созданием цеха БИС (начальники цеха в разное время А.Н. Рагоза, И.Ю. Шахурина, В.И. Тамберг) последовало создание цеха по производству микроразностной аппаратуры (начальники цеха В.М. Воронов, А.В. Ефимов). Поддержку выпускаемым цехам оказывали: энергетическая служба (Ф.Н. Деревянко, Ю.В. Соколов, Б.Г. Бражниченко), цех металлообработки (начальник цеха Г.В. Рогулев) со своими рабочими–асами М.И. Бегуновым, А.А. Паункснисом, В.С. Суровцевым и др. Над производственными подразделениями возвышался (в том числе и по росту) начальник производства А.Ф. Алексеев – молодой, энергичный, всегда невозмутимый руководитель, не раз выводивший цеха ЛКTB из кризиса.

Началось строительство новых производственных чистых комнат, очистных сооружений, которые обеспечивали выпуск больших интегральных схем. Весь комплекс проведенных организационных, кадровых, технологических мероприятий привел к тому, что научный потенциал коллектива разработчиков, заложенный в ЛКБ, был сохранен и дополнен повышением технологического и производственного уровня. ЛКTB как предприятие уже к началу 1974 года оказалось готово к выполнению новых проектов, инновационных по сути и сложнейших по содержанию.

В 1973 году во время делового визита в Ленинград Валентина Михайловича Пролейко, начальника ГНТУ МЭП, произошло знаменательное для ЛКTB событие. Он – руководитель всей науки электронной промышленности – предложил нам заняться новейшим направлением – микропроцессорной техникой. Ведь со времени образования ныне знаменитой фирмы Intel прошло всего три года, разработаны первые четырехразрядные микропроцессоры 4004 и дальнейшее их развитие было далеко не ясно. В.М. Пролейко прозорливо разглядел будущее микропроцессоров, впрочем, наши разработчики были готовы к работам в этой области. Важно было, что коллектив ЛКTB получил поддержку Министерства в лице одного из первых лиц в его руководстве. Так началось рождение семейства микропроцессоров, микропроцессорных модулей, микроЭВМ и, наконец, систем на основе микропроцессорных блоков, получившего общее название «Электроника С5». Вот как описывает постановку концепции комплекса работ в области микропроцессорной техники один из создателей целого ряда изделий, в том числе главный конструктор первой в СССР микроЭВМ на БИС «Электроника С5–01» В.Я. Кузнецов:

«Переход от заказных микросхем и аппаратуры, предназначенных для обработки информации и управления к разработкам программируемых микро – ЭВМ и контроллеров на базе микропроцессорных комплексов БИС явился революционным этапом в развитии мировой микроэлектроники. Предпосылкой такой возможности явилось то, что к началу 70-х годов прошлого века ЛКTB располагало коллективом профессиональных специалистов, в состав которого входили технологи – разработчики планарной технологии, инженеры–электронщики – разработчики интегральных схем и электронной аппаратуры, программисты и микропрограммисты – разработчики программного обеспечения и микропрограммных устройств управления, разработчики средств автоматизированного проектирования больших интегральных схем.

В ЛКTB было организовано производство (планарный, сборочный и механический цеха) для изготовления больших интегральных схем и аппаратуры на их основе.

Предприятие уже имело опыт создания таких средств вычислительной техники, как управляющие машины УМ1–НХ, УМ–1, УМ–2Т, УМ–2С, предназначенных для применения в различных областях народного хозяйства, в том числе, в авиации, атомных станциях, в космических аппаратах. Были также созданы первые отечественные микрокалькуляторы на базе больших интегральных схем и организовано их серийное производство.

Структура ЛКTB была построена по принципу вертикальной интеграции «сверху – вниз», обеспечивающей оптимизацию процесса проектирования устройств вычислительной техники для обработки информации и управления от элементной базы до аппаратуры».

ЛКTB стояло на принципиальной позиции не копировать иностранные образцы, а создавать свои, отечественные, и делать это не ради «квасного патриотизма». Копировать – значит, сохранять отставание, а творить, изобретать, думать с перспективой – шанс занять достойное место в мировой микроэлектронике. Почти одновременно с С5–01 был разработан микрокалькулятор СЗ–15, который явился первым отечественным инженерным калькулятором, построенным на оригинальных БИС собственной разработки. Всё было своё, начиная от составления алгоритма функционирования (Б.И. Рувинский), включая систему проектирования БИС (Ю.И. Шендерович, впоследствии успешно защитивший, в основном, на этой САПР докторскую диссертацию), функциональную схему и топологию кристаллов (Н.В. Неустроев) и, конечно, включая конструкцию (Б.М. Алехов, А.В. Росляков) и технологию (В.А. Фогель).

Коллектив работал вдохновенно. Достижение результата стимулировалось и тем, что закупки зарубежной электроники были ограничены, а потребности в калькуляторах, в том числе инженерных, были велики. Объем

выпуска изделий СЗ–15 ограничивался не спросом, а объемом поставок индикаторных светодиодов. Руководство полупроводниковой подотрасли аппарата МЭП в связи с этим пыталось запретить выпуск СЗ–15, но мы получили положительные отзывы на инженерный калькулятор СЗ–15 от двух президентов: Президента АН СССР академика А.П. Александрова и Президента АрмАН академика В.А. Амбарцумяна. Отзывы сработали. Всё же через некоторое время «Сапфир» прекратил выпуск необходимых нам типов светодиодов, и СЗ–15 отошел в историю. Кстати, экземпляр этого калькулятора до сих пор работает у меня дома, уже 34 года.

Начался, и как минимум, продолжался в течение 12 лет (1973–1985 гг.) новый этап развития школы микроэлектроники в Ленинграде. За первой микроЭВМ «Электроника С5–01» последовали изделия «Электроника С5–02», «Электроника С5–11», «Электроника С5–12», модули «Электроника С5–12ХХ», «Электроника С5–21», модули «Электроника С5–21ХХ», «Электроника С5–22» и модули «Электроника С5–22ХХ» с военной приемкой, а также первая однокристалльная 16 разрядная микроЭВМ «Электроника С5–31». Сказался высочайший уровень разработчиков, заложенный еще во времена ЛКБ, поэтому и главных конструкторов разрабатываемых изделий можно было назначать, выбирая из большого числа, не опасаясь за недостаточный научный или технический уровень. Назовем некоторых из них: М.П. Гальперин, д.т.н., проф., лауреат Государственной премии, В.В. Городецкий, Е.И. Жуков, к.т.н., лауреат Премии СМ СССР, В.Я. Кузнецов, Н.В. Неустроев, В.Е. Панкин, к.т.н., лауреат Государственной премии, В.Е. Хавкин, к.т.н., лауреат Премии СМ СССР.

Школу микроэлектроники времен ЛКТБ можно с полным основанием назвать комплексной, т.к. проблема создания новых изделий (большинство вполне конкурировало с изделиями лучших американских фирм) решалась не только конструкторами–разработчиками. Это и разработка новых технологий – руководители подразделений: Г.Н. Горбунов, Я.В. Дьяченко, Н.Ф. Зитта, Б.Н. Котлецов, А.В. Левин, Ю.В. Сваринский, В.А. Фогель, В.С. Хорин; разработка программного обеспечения – руководители подразделений: М.А. Алексеевский, Ю.А. Маслеников; развитие применения изделий – руководители подразделений: Г.Н. Гутман, Э.А. Никитин и конечно, организация производства – руководители подразделений: А.Ф. Алексеев, А.В. Ефимов, В.И. Тамберг, а также основные специалисты: М.Н. Кайдановская, Э.А. Одинцова и другие.

Опыт и высокая квалификация специалистов привели к формированию основной технической идеологии создаваемых изделий в области микропроцессорной техники – управляющие средства малой конфигурации с широким их применением в промышленности: технологическое оборудование и процессы, аналитическое приборостроение, станки с программным управлением и многое другое. Под применение в составе управляющих технологических систем была создана специализированная система команд микропроцессоров в творческом содружестве с Киевским институтом кибернетики (руководитель совместного проекта – член–корр. АН СССР, д.т.н. Б.Н. Малиновский, от ЛКТБ основные разработчики – к.т.н. М.А. Алексеевский, к.т.н. И.С. Евзович): продолжалась разработка новых микропроцессорных модулей, теперь уже на п–МОП БИС, которые были более быстродействующими, чем семейство предыдущих модулей, выполненных на БИС по технологии р–МОП. Семейство С5–21 (главный конструктор В.Я. Кузнецов) включало в свой состав более 10 модулей, в том числе дополнительный модуль оперативной памяти, различные модули ввода – вывода для связи с внешними объектами.

Во второй половине 1970–х годов значительное внимание стало уделяться работе с потенциальными потребителями разрабатываемых микропроцессорных средств. Были созданы инструментальные и программные средства отладки целевых программ конкретных применений, что позволяло за короткий срок обеспечить внедрение микропроцессорных средств в приборы и аппараты. Так была реализована совместно со специалистами ЛОМО автоматизация управления спектрофотометром СФ–46, со специалистами ЗОМЗ – автоматизация управления анализатором крови. Намечалось широчайшее применение разрабатываемых изделий. Для постоянной работы с потребителями в ЛКТБ была создана специализированная лаборатория применения (руководитель к.т.н. Г.Н. Гутман). Большую работу по созданию целевого программного обеспечения для ряда объектов выполнили Ю.А. Маслеников и О.Н. Меламед. Конечно, была не забыта главная составляющая будущего успеха – развитие производства. Цех, организованный в ЛКТБ, был фактически опытным цехом, требовался другой масштаб.

Производство перешагнуло стены ЛКТБ. На головном заводе «Светлана» для производства изделий ЛКТБ были выделены 3 серийных цеха. Решением руководства МЭП был определен завод «Позистор» (Армения) как дублер производства одноплатных микроЭВМ разработки ЛКТБ. Были созданы две научно–практические конференции по применению изделий семейства «Электроника С5» с участием представителей нескольких сот промышленных предприятий со всего Советского Союза. На конференциях демонстрировались действующие образцы оборудования (в т.ч. спектрофотометр производства ЛОМО, анализатор крови производства ЗОМЗ, система управления фрезерными станками) с применением микропроцессорных средств на базе изделий «Электроника С5».

В МЭП по инициативе и под руководством В.М. Пролейко был создан Совет главных конструкторов по микропроцессорной технике. ЛКТБ не только входило в Совет, но и возглавило одну из секций – «Устройства ввода–вывода в микропроцессорных системах». Кроме того была подготовлена к изданию монография, написанная группой авторов под названием «МикроЭВМ семейства «Электроника С5», а также представлены материалы на соискание Государственной премии СССР. Школа микроэлектроники ЛКБ–ЛКТБ достигла высшего расцвета и стояла никак не ниже школ Воронежа и Зеленограда (и это скромная оценка автора статьи). В одночасье все провалилось!

Дело в том, что решением руководства полупроводниковой подотраслью МЭП предписано было работать только в системе команд микропроцессоров американской фирмы DEC. А система команд микроЭВМ семей-

ва «Электроника С5» отличалась от нее, была разработана в ЛКТБ совместно с киевским институтом кибернетики АН СССР (руководители: академик В.М. Глушков, член–корреспондент АН СССР Б.Н. Малиновский, ныне академик НАНУ А.В. Палагин) и ориентирована на системы управления технологическими процессами. Более того, система команд в микроЭВМ «Электроника С5» была создана ранее, чем было принято решение об «унификации» системы команд в изделиях, разрабатываемых предприятиями МЭП. Имеется документ – «Решение по акту приемки разработки микроЭВМ «Электроника С5–01», утвержденное Министром А.И. Шоким 6 февраля 1976 года: «...разработанная микроЭВМ является *ПЕРВОЙ* (курсив мой, В.Ц.) отечественной микроЭВМ широкого назначения...». Спрашивается, с кем было унифицироваться?

Последовали команды–рекомендации потребителям: не применять изделия «Электроника С5», практический запрет на организацию производства и т.д. Это была трагедия для ЛКТБ, драма для всей «Светланы». Ну что ж! Это тоже урок «школы», неотъемлемая часть ее истории. Но коллектив сумел выстоять и после второго кризиса. Военные не перестали применять микроЭВМ и модули серии «Электроника С5–22», что доказывало высокую эффективность и надежность изделий. Руководство ВМФ продолжало поддерживать разработку информационной системы для надводных кораблей (шифр «Кентавр», главный конструктор ОКР В.П. Цветов) на больших интегральных схемах. В 1982 г. система успешно прошла все госиспытания и была принята на вооружение. И не вина разработчиков (а это все та же школа микроэлектроники ЛКБ–ЛКТБ), что начавшаяся перестройка изменила утвержденные ранее планы вооружения кораблей новой информационной системой.

В 1979 году упрямые, но талантливые, инженеры ЛКТБ создали однокристалльную 16–разрядную микроЭВМ С5–31 (главный конструктор ОКР Н.В. Неустроев). В это же время в США на фирме Texas Instruments создается аналогичное по параметрам изделие TMS 9940. Число элементов на чипе в С5–31 значительно превышало 100 тысяч транзисторов. Несмотря на высочайший технический уровень изделия, его ждала судьба всего семейства С5. Не та система команд. (Через несколько лет выяснится, что у DEC тоже не та система команд). Во всем мире были признаны процессоры фирмы Intel, а ориентация на административно диктуемые технические решения оказалась для отечественной электронной промышленности грубой ошибкой.

На пути от разработок БИС микропроцессорных наборов к однокристалльным микроЭВМ все увеличивающейся сложности, как в части сроков и качества проектирования, так и в части технологической отработки реализации проектов, возникла идея фрагментно–модульного проектирования. Такой подход оказался не просто оригинальным, но и опережающим мировые концепции. Лишь несколько лет спустя фирма Motorola предложила похожую идею макроячеек (macrocells). Она–то опубликовала, а мы, как часто бывает в России, додумались раньше, а начали реализовывать много лет спустя. К настоящему моменту идея фрагментно–модульного проектирования стала наиболее продуктивной в мире при проектировании «систем на кристалле» через применение сложных функциональных блоков (СФ–блоков). В американском варианте эти блоки называются IP–блоками (Intellectual Property–интеллектуальная собственность). Вот как описывает работу по реализации идеи фрагментно–модульного проектирования основной автор концепции – Владимир Яковлевич Кузнецов, главный конструктор многих ОКР, выполненных в ЛКТБ, начиная с первой микроЭВМ С5–01. Нельзя не вспомнить еще одного автора концепции ФМП – к.т.н. Р.А. Лашевского:

«В конце 80–х годов XX века ЛКТБ ЛОЭП «Светлана» располагало полупроводниковым производством с минимальными размерами элементов 2,5 мкм. Планировалось дальнейшее совершенствование планарного процесса с целью достижения 1,5 мкм путем обновления технологического оборудования существующих производственных участков и начавшегося строительства комплекса планарного производства 1–ЭГ с расчетной мощностью до 1000 пластин диаметром 150 мм в сутки.

Одним из путей решения проблемы разработки заказных однокристалльных ЭВМ и контроллеров был предложенный специалистами ЛКТБ метод фрагментно–модульного проектирования. Сущность метода заключалась в компоновке однокристалльного устройства из функционально законченных модулей, связанных общей магистралью информационных, адресных и управляющих шин. При этом модули выполняются в виде фрагментов единого кристалла, а информация для их изготовления хранится в архиве, образуя библиотеку фрагментов.

Предполагалось, что использование библиотеки фрагментов явится этапом создания методологии проектирования однокристалльных устройств. В последующих работах планировалась разработка средств автоматического проектирования по созданию фрагмента на базовом матричном кристалле, кремниевого компилятора для построения фрагмента из стандартных ячеек, системы построения фрагментов ОЗУ, ПЗУ, ЦВВ заданной емкости и системы компоновки фрагментов на кристалле.

В середине 90–х годов методом фрагментно–модульного проектирования была разработана однокристалльная микроЭВМ, а также создана библиотека фрагментов в количестве 15 типов блоков, такие как 16–разрядный процессор, ОЗУ 256х16 бит, ПЗУ 2048х16 бит со встроенными системами парирования технологических дефектов и отказов, устройство ввода–вывода параллельного и последовательного типа, фрагмент стандартного интерфейса и др. Были изготовлены опытные образцы однокристалльной микроЭВМ. Однако опытно–конструкторская работа была остановлена в связи с отсутствием финансирования – известные события 90–х.

В силу сложившихся обстоятельств предприятие лишилось возможности продолжения работ по намеченной программе. Но можно с уверенностью сказать, что более 20–ти лет назад были предприняты шаги к ныне признанной и осваиваемой в мировой практике принципиально новой методологии проектирования сверхбольших интегральных схем типа «системы на кристалле» (SoC), которая основана на многократном по-

вторном использовании ранее разработанных, сертифицированных IP-блоков (Intellectual-IP) процессоров, памяти, цифровых и аналоговых узлов, интерфейсов и т.д.»

P.S. Прошло более 25 лет. Система команд DEC канула в лету, как и все разработанное по командам сверху. Восторжествовала фирма Intel, аналоги схем которой пытались в свое время воспроизводить киевляне (КНИИМП). Их также «зарубили» на Коллегии МЭП (автор статьи на этой Коллегии присутствовал), как и работы ЛКТБ. Какова судьба разработчиков ЛКТБ? В СКТБ ОАО «Светлана» продолжает трудиться небольшой коллектив во главе с В.Я. Кузнецовым и О.С. Вартановым. И они умудряются проектировать (правда, на принципе fabless – ведь технологических подразделений не стало) высочайшего качества и сложности микропроцессорные СБИС. И система команд соответствует Intelовской, вот только потребители косо смотрят на отечественную продукцию. Тем не менее, команда Кузнецова готова проектировать сложные СФ-блоки повторного использования, а также заказные СБИС для малотиражного применения. Другая группа разработчиков ЛКТБ под руководством Ю.А. Масленикова – системотехники, конструкторы, программисты – перешли в одно из самых солидных предприятий, работающих в области создания электронных систем в интересах ВМФ, и стали там весьма уважаемыми, подтвердив высокий уровень носителей школы ЛКБ–ЛКТБ.

UNIX и постановка вопроса о переносимости программного обеспечения

Цейтин Г.С.

UNIX and the Statement of Software Portability Problem

Tseytin G.

Интерес к опыту развития операционной системы UNIX обычно связывается с ее переносимостью, а расхожее толкование переносимости таково: «UNIX – это переносимая операционная система, потому что она написана на машинно-независимом языке «С». Если при переходе на новую машину вначале построить транслятор с языка «С» в ее коды и пропустить через этот транслятор прежние исходные тексты операционной системы, то мы и получим операционную систему UNIX для новой машины».

Эта упрощенная точка зрения, даже с той поправкой, что не вся операционная система пишется на «С», а много надо написать и в кодах машины, быстро обнаруживает свою несостоятельность при попытке следовать ей в реальных условиях. Оказывается, что даже при почти полном совпадении архитектуры новой машины с архитектурой исходной машины буквальный перенос терпит неудачу, например, из-за различий в алфавите периферийных устройств, неодинаковой надежности дисководов, различного объема оперативной памяти, использования одного адресного пространства для команд и для данных и т.п. В целом система сохраняет работоспособность при подобных переходах на другое оборудование, однако для этого часть исходных текстов на языке «С» приходится переписывать заново, что не укладывается в первоначальную концепцию переносимости.

При переходе на другую архитектуру или же при попытках повышения эффективности системы значительную часть ядра операционной системы приходится переписывать заново, и большей частью на языке «С». Таким образом, язык «С» не обязательно служит для записи машинно-независимой части системы; более того, в текстах ядра, написанных на языке «С», попадаются даже ссылки на то, что конкретный транслятор должен разместить такую-то переменную в конкретном регистре машины, как это требуется для выполнения специфических аппаратурных команд.

Таким образом, с одной стороны, концепция абстрактной переносимости на базе языка «С» оказывается иллюзорной, с другой стороны, сам язык «С» подтверждает свою живучесть в качестве средства написания системного программного обеспечения при переходе на другую архитектуру (здесь мы не говорим о машинах нетрадиционной архитектуры). В этом случае на новое оборудование переносятся не столько тексты программ, сколько навыки программистов, владеющих языком «С».

Язык «С» - не единственный пример языка, с которым связывается переносимость программ. В принципе это относится к любому распространенному языку программирования. Например, существует обширная литература прикладных программ на Фортране, не привязываемых к конкретной машине, и именно с ней и с ее традициями связана живучесть этого языка. Вместе с тем конкретные пользователи Фортрана могут энергично возражать против утверждений о переносимости программ на нем, ссылаясь, например, на то, что вычислительный метод становится неработоспособным при изменении точности выполнения машинных операций с вещественными числами.

При постановке задачи о переносимости программ будем исходить из того, что любая программа - это выражение определенных знаний о задаче, способе ее решения и особенностях конкретной обстановки (оборудования, программного окружения), в которых эта программа будет выполняться. Предполагается, что знание оборудования и деталей программного окружения заключено в трансляторе с используемого языка программирования, и тем самым транслятор образует тот уровень общей структуры программного обеспечения, над которым надстраивается рассматриваемая программа и который скрывает от нее особенности конкретной машины. Если бы удалось обеспечить полное сохранение свойств транслятора при переходе на другую машину, то действительно одни и те же исходные тексты программ сохраняли бы пригодность без всяких изменений. Такой подход примерно соответствует аксиоматическому подходу в математике: если характеристики языка принять за аксиомы, то выполнение их на любой машине будет обеспечивать правильность работы программ, написанных в соответствии с этими аксиомами.

Однако на практике такой аксиоматический подход нереален. Во-первых, для использования транслятора в реальных обстоятельствах необходимо предусмотреть и возможность использования индивидуальных особенностей той машины, на которой он работает. Это необходимо потому, что окружение, в котором он работает, и круг решаемых задач не впишутся полностью в формально-аксиоматическую модель, а также потому, что встречаются задачи, решение которых требует максимального использования возможностей существующего оборудования, а не наложения формальных ограничений. Во-вторых, переход на новую машину не имеет смысла, если она лишь в точности воспроизводит возможности прежней машины. Даже простое увеличение скорости работы и объема памяти меняет условия использования машины, потому что делает возможными новые применения. Срок жизни программ, написанных для жестко специфицированной виртуальной машины, ограничен сроком жизни этой абстрактной модели.

Поэтому для обеспечения переносимости программы мы не можем полностью полагаться на переносимость транслятора. Один из путей состоит в том, чтобы сознательно избегать использования особенностей транслятора, сохранение которых на другой машине маловероятно. Таким образом, переносимой будет не та

программа, которая написана на «переносимом» языке, а та, которая явно была задумана как переносимая и составлялась с учетом этого требования. Вместе с тем и здесь нельзя говорить об абсолютной переносимости, поскольку можно лишь предположительно судить о том, какие черты существующей реализации языка программирования останутся неизменными при переходе на другие машины. Например, для машин, близких по архитектуре к PDP-11, можно было рассчитывать на то, что из двух байтов, входящих в состав 16-битового слова, младший байт будет всегда иметь меньший адрес, но, как известно, на многих машинах действует противоположное правило (и в результате при переносе системы UNIX на миникомпьютер фирмы IBM слово «Unix» напечаталось как «nUxi» [1]).

Ориентация лишь на неизменные черты оборудования и обстановки не исчерпывает содержания понятия переносимости. В идеале переносимый программный модуль должен заключать в себе не готовые решения о структуре программы, ориентированные на некоторую (хотя бы и абстрактно заданную) программную обстановку, а возможность развертывать конкретную программу с учетом особенностей любой программной обстановки, доступности тех или иных ресурсов и эффективности их использования, конкретных способов использования этих ресурсов, доступности тех или иных операций и т.п. Желательно, чтобы программа, способная работать в различных окружениях, не игнорировала различия между ними, а наоборот, каждый раз использовала особенности конкретного окружения. Это относится прежде всего к таким характеристикам обстановки, как доступный набор операций при обмене с терминалом или разрядность машинных слов и точность представления вещественных чисел. Для того, чтобы был возможен учет этих особенностей, используемый язык программирования не должен быть абсолютно непрозрачен для информации о соответствующих технических особенностях оборудования или операционной системы. Он должен передавать на уровень программы такую информацию, но, желательно, не в конкретных машинных терминах, а в обобщенной форме, согласованной с общим уровнем языка. В качестве примера можно назвать предоставляемую языком Ада возможность задавать диапазон и точность для целых и вещественных величин, а в Алголе 68 - запросы к обстановке (сведения о разрядности и точности) и характеристики свойств каналов обмена. Конечно, такой подход к переносимости является еще менее определенным, чем ориентация на неизменность языкового уровня, но он также необходим для обеспечения долговечности разрабатываемых программных средств.

Обращаясь к опыту развития системы UNIX, отметим, что в ней переносимость не является ни самоцелью, ни формальным требованием. Определяющей в ее разработке была ориентация на выявление и удовлетворение потребностей пользователей, в частности, на обеспечение гибкости использования каждого разрабатываемого программного средства в различных условиях. Переносимость при переходе на новое оборудование - это частный случай описанного требования. Поэтому интересно рассмотреть, как система UNIX справляется с более широкой задачей, а не сводить весь вопрос о переносимости к использованию языка «C» и программы lint, сигнализирующей об использовании непереносимых возможностей этого языка. Достаточно широкая, неформальная постановка этой задачи предполагает, что и средства, которыми она решается, не обязательно носят формальный характер. Действительно, они отражены не только в конкретных программах, но и в общих принципах, традициях, афоризмах, встречающихся в литературе по системе UNIX [2].

Среди таких принципов нужно прежде всего отметить ориентацию на разработку сравнительно небольших и относительно самостоятельных программ, а не больших многокомпонентных многоцелевых комплексов. Система UNIX развивалась как раз в тот период, когда утверждался «научный» подход к разработке больших программных систем, требующий предварительной разработки полных спецификаций и планирования всего жизненного цикла системы в целом. (Само название системы, «UNIX» вместо «MULTICS», звучит, как вызов подобным «масштабным» проектам.) Сегодня уже признается неудовлетворительность этого громоздкого подхода, из-за которого система становится негибкой и уже к моменту завершения разработки безнадежно отстает от требований пользователей [3]. Преимущество подхода системы UNIX в том, что при изменении потребностей или обстановки достаточно изменить не все элементы системы, а лишь небольшую часть, непосредственно затронутую изменившимися условиями. Если же потребовалось изменение функций старой программы, то рекомендуется разрабатывать программу заново, а не вносить «заплаты» в прежний текст и загромождать старые программы новыми возможностями. Этот принцип относится и к документации системы, которая столь же модульна, как и описываемый ею продукт. При этом подходе по существу вместо одного большого жизненного цикла крупной системы мы имеем дело с отдельными жизненными циклами сравнительно небольших программ; переносимость в элементарном смысле слова означает независимость жизненного цикла конкретной программы от жизненного цикла нижележащих уровней - оборудования и операционной системы.

Независимая разработка отдельных программных средств требует совместимости различных программ по форме входных и выходных данных. Авторы системы UNIX прямо рекомендуют при разработке программы предусматривать такую совместимость с другими, в том числе пока неизвестными, программами. Важно отметить, что совместимость программ по форме данных основана не на двоичном представлении данных, используемом внутри большинства программ, и не на жестком поколонном формате, который также когда-то считался наиболее удобным для обработки больших массивов данных, а на представлении информации в виде обычного буквенного текста, без специальных соглашений о длине строки и расположении в ней материала, т.е. на том представлении, которое используется людьми в обычных письменных документах. Опыт использования вычислительной техники показал, что такая форма действительно обеспечивает независимость представления данных от особенностей конкретного оборудования и местных соглашений; эта форма также стала общепотребительной для текстов программ (переносимой формой программы является текст на языке высокого уровня, а не ма-

шинный код). Для поддержки такого свободного формата данных UNIX располагает большим количеством разнообразных служебных программ, прежде всего гибкими средствами перехода от такого формата к внутреннему двоичному представлению и обратно (например, при вводе/выводе), средствами редактирования текстов и поиска по образцу, макросердствами широкого назначения, средствами работы с документами. Это поддержано также единой структурой файлов и соглашениями о передаче параметров в символьной форме.

Еще одним путем обеспечения гибкости, используемым в системе UNIX, является автоматическое порождение текстов программ с учетом текущего окружения, равно как и учет окружения при выполнении программ. Например, из одного и того же исходного текста препроцессор может построить разные транслируемые тексты в зависимости от установки текущего каталога, из которого читаются тексты по оператору `#include` (макроопределения, содержащиеся в прочитанных фрагментах, могут существенно повлиять и на дальнейшую обработку). Язык shell предусматривает операции автоматического развертывания команд в зависимости от текущего каталога. Работа такой программы, как `make`, тоже полностью определяется текущим каталогом, откуда под стандартным именем читается сценарий работы.

Принцип организации интерфейса программного модуля с окружением, согласно которому программный модуль задает некоторое символьное имя, а соответствующий этому имени конкретный объект ищется в окружении, является не просто удачной находкой авторов системы UNIX. Этот принцип, по-видимому, имеет фундаментальное значение для общей задачи представления знаний. Он используется в системах искусственного интеллекта и постепенно проникает в практические языки программирования (поиск реакции на нестандартную ситуацию по имени этой ситуации в языках ПЛ-1 и Ада, выбор реакции на внешнее сообщение по имени этого сообщения в языке Smalltalk-80, широкое использование внешних ссылок по именам в операционных системах для комплексирования программ). В системе UNIX эти средства используются как при порождении текстов программ (макрогенерация), так и динамически, во время работы этих программ. Использование одних и тех же имен стандартных процедур (например, ввода/вывода) в реализациях системы UNIX на разных типах машин служит примером применения того же принципа. Естественно, поиск по имени на фазе макрогенерации или трансляции экономнее с точки зрения затрат на выполнение программы, но динамическое использование этих средств также бывает необходимым.

С неожиданным подтверждением основных принципов системы UNIX автор этих строк встретился, сопоставив их со своей прежней работой [4], написанной еще до знакомства с системой UNIX. В этой работе рассматриваются принципы организации естественного языка, обеспечивающие ему гибкость и применимость в самых различных областях человеческой деятельности. В отличие от формальных моделей языка, в основу которых кладется единый общий план, охватывающий всю создаваемую модель, естественный язык можно рассматривать как совокупность относительно независимых подсистем, а единство языка обеспечивается тем, что различные подсистемы опираются на общий набор средств нижнего уровня. В то же время этот набор средств нижнего уровня не обязателен ни для какой конкретной подсистемы. Запас подсистем на всех уровнях открыт для расширения, вновь возникающие или изменяющиеся подсистемы могут основываться как на уже имеющихся средствах нижнего уровня, так и создавать себе новые. Общая база, необходимая для совместного функционирования всех этих средств, невелика по объему и тоже может быть заменена на другую при сохранении почти всех взаимоотношений между системами более высоких уровней (такая замена происходит, например, при переходе от устной формы языка к письменной). Наконец, при взаимодействии между подсистемами широко применяется рассмотренная выше идентификация по имени, при которой одно и то же имя может использоваться в различных подсистемах, выделяя в них различные, но функционально аналогичные объекты. Все это удивительно согласуется с принципами, практически выработанными в процессе развития системы UNIX.

Итак мы видим, что гибкость и переносимость операционных систем типа UNIX не является результатом какого-то одного частного технического приема, а вытекает из общего подхода к организации системы и сформированных практикой традиций. Эта переносимость, конечно, не является абсолютной. Для приближения к идеалу переносимости, при котором программный модуль будет содержать в себе информацию, достаточную для его приспособления к любому окружению, а окружение будет организовано так, что сможет обеспечивать необходимую информацию для любого модуля, потребуются, вероятно, и принципиально новые средства. Однако опыт системы UNIX показывает, как можно достичь существенного успеха в этом направлении, оставаясь в рамках достаточно простых традиционных средств.

Список литературы

1. P.J.Jalics, T.S.Heines. Transporting a portable operating system UNIX to an IBM mini-computer. Communications of the ACM, v. 26, no. 12 (1983), 1066-1072.
2. M.D.McIlroy, E.N.Pinson, B.A.Tague. Unix time-sharing system: Foreword. Bell System Technical Journal, v. 57, no. 6, part 2 (July–August, 1978), 1899-1904.
3. J.Martin. Application development without programmers. Savant institute, 1981.
4. Г.С.Цейтин. О соотношении естественного языка и формальной модели. Вопросы кибернетики. Общение с ЭВМ на естественном языке. Под ред. В.Ю.Розенцвейга. М., 1982, 20-34.

Итоги освоения ОС ЕС (заметки пользователя)¹

Цейтин Г.С.

The Results of OS ES Application (User's Notes)

Tseytin G.

После примерно десяти лет распространения машин ЕС с их операционными системами есть необходимость разобраться в разноречивых оценках этой системы, раздающихся со стороны специалистов разного профиля и разных интересов. Порой нам попадаются на глаза ехидные, а то и прямо злорадствующие статьи на эту тему в зарубежных журналах, не скрывающих своего коммерческого интереса, да и вообще своей классовой позиции. И даже такие статьи порой вызывают у нас симпатию меткой оценкой недостатков самой распространённой у нас системы. Естественно, нам не следует идти на поводу у таких публикаций, но и нельзя впадать в бодряческий тон некоторых наших газетных заметок, где ухудшенное подражание зарубежной модели десятилетней давности выдаётся за новую чрезвычайно перспективную оригинальную разработку, дополнительное достоинство которой состоит в программной совместимости с зарубежными системами.

1. Вообще говоря, точное воспроизведение некоторых зарубежных образцов техники в условиях отставания соответствующей отрасли у нас в стране может помочь быстрому прогрессу этой отрасли и дать толчок её самостоятельному развитию на новой базе. В применении к машинам ЕС такой эффект в определённой степени сказался. На сегодня мы имеем довольно большое количество программно совместимых машин и взаимозаменяемых периферийных устройств, распространившихся по вычислительным центрам, находящимся в разных городах и принадлежащих разным ведомствам. Стали доступными (иногда для эксплуатации, иногда для изучения) некоторые средства программного обеспечения зарубежной разработки, сложились традиции инициативного обмена оригинальным программным обеспечением между различными разработчиками такого программного обеспечения и просто пользователями. Были осознаны и в какой-то мере решены проблемы, связанные с широкими масштабами распространения машин и значительным объёмом и сложностью программного обеспечения (тиражирование программного обеспечения, обучение пользователей, распространение руководств и справочных материалов, централизованная ремонтная служба и т. п. – сейчас речь не о недостатках в реализации всего этого).

Операционная система, заимствованная вместе с оборудованием, также принесла с собой ряд положительных моментов. Это прежде всего ориентация системы не на исполнение конкретной программы, а на данные, их идентификацию, хранение и защиту, на независимость обработки данных от вида их конкретного носителя. Заметим, что в операционных системах наиболее развитой из отечественных ЭВМ, именно, БЭСМ-6, до последнего времени не было единой концепции хранения данных. Другое полезное новшество, усвоенное нами вместе с ОС ЕС, – это приспособляемость операционной системы к конкретным условиям того или иного вычислительного центра, к комплектации оборудования, характеру решаемых задач, контингенту пользователей и т. п. И, наконец, полезной чертой этой системы является наличие встроенных средств учёта и протоколирования работы, обеспечивающих основу для разработки учётных и иных административных программ в соответствии с потребностями каждого вычислительного центра.

Из чисто технических особенностей ОС следует отметить применяемый в разных её частях подход к описанию разнообразия предоставляемых возможностей – метод ключевых слов и умолчаний, который, как представляется, позволяет проще описать разнообразные потребности пользователей, чем некоторые кабинетные построения теоретиков «структурного программирования».

2. С другой стороны, необходимо иметь в виду, что заимствованное программное обеспечение, в отличие от «железа» (оборудования), нельзя считать «неодушевлённым»; оно несёт в себе определённые знания, традиции и предпочтения, заложенные в него его авторами и не всегда уместные в наших условиях, а в некоторых случаях прямо выражает коммерческие интересы фирмы-разработчика.

Следует начать с того, что фирма, основной продукцией которой является оборудование, в условиях отсутствия равных по силе конкурентов вообще не заинтересована в том, чтобы её программное обеспечение использовало оборудование экономно. Чем больше ресурсов машины (времени, оперативной и внешней памяти) израсходует программное обеспечение, тем выше будет потребность в оборудовании, тем шире будет рынок его сбыта. (При этом, разумеется, расточительное использование ресурсов не должно быть слишком очевидным и легко устранимым.)

В структуре операционной системы бросается в глаза, так сказать, иерархия уровней обслуживания. Предлагается много вариантов системы с включением или без включения тех или иных дополнительных средств и каждый раз подчёркивается, что дополнительное средство повлечёт за собой дополнительные затраты. В конце концов, где-то на «высоких уровнях сервиса» можно получить действительно полезные и удобные средства, но, поскольку во многих случаях они не предусматривались первоначально, их реализация носит характер «заплат»

¹ Архив А.П. Ершова <http://www.erшов.ras.ru/archive/caimage.asp?lang=1&did=34530&fileid=189930>. Статья датирована 18 мая 1983 г.

к прежней системе и далеко не так эффективна, как могла бы быть.

Далее, для программного обеспечения фирмы ИБМ, в отличие от других зарубежных фирм, характерен, так сказать, экстенсивный подход к разработке больших систем, ориентация на использование большого количества низкоквалифицированных программистов, что приводит к неоправданному дроблению системы на элементы, раздуванию их объёма, дублированию их функций и общей запутанности её структуры, увеличению затрат на взаимодействие элементов, в частности, на его документирование. (В наших условиях некоторые работники выдают такой подход за подлинно промышленный, прикрывая этим своё стремление к сосредоточению под своим управлением как можно больших материальных и людских ресурсов.) Кстати, именно этот подход привёл развитие прототипов ОС ЕС в тупик: устаревшая структура и технология разработки системы не смогли обеспечить удовлетворительной реализации новых концепций, подсказывавшихся языком системы, намного опередившим другие её компоненты.

Этот подход распространяется не только на построение системы, но и на её эксплуатацию. Функции различных участников процесса эксплуатации сильно разобщены, для каждого из них составлено отдельное руководство (руководство программиста для такого-то языка, руководство системного программиста, руководство оператора), предполагающее, что никто из них не знает того, что должен знать другой. В зарубежных газетных объявлениях упоминается даже такая особая «специальность», как «JCL writer», т. е. составитель заданий для операционной системы на запуск конкретных программ. (Вообще, руководства по эксплуатации весьма пространны, содержат повторы и рассчитаны на низкий уровень подготовки читателя; напрашивается аналогия с сообщавшимся в нашей печати фактом, что в связи с общим снижением культурного уровня некоторые военные уставы в США приходится снабжать иллюстрациями в виде комиксов.) Ясно, что в наших условиях мы не можем, подобно ИБМ, ориентироваться на привлечение большого количества низкоквалифицированных работников, стимулируемых лишь высокой зарплатой. (Следует заметить, что ИБМ экспериментировала и с интенсивными методами организации разработок, такими, как «бригада главного программиста», но к операционной системе это не относится.

Нужно учитывать также различие между нами и США в структуре научно-технического потенциала в области вычислительной техники. Мы отставали и продолжаем отставать в отношении производства собственно оборудования, но в области разработки программного обеспечения, разработки архитектуры ЭВМ, уровня квалификации специалистов по программному обеспечению положение несколько иное. Мы обладаем в этой области давними научными традициями и достаточно квалифицированными кадрами теоретиков и практиков программирования. У нас, как и у программистов западноевропейских стран, есть традиции систематического программирования, ориентированного на ясность структуры программы и на экономное использование ресурсов; в США же программирование испытало сильное влияние установки на «грубую силу» – большой объём памяти и большие затраты машинного времени. Преимущества европейских традиций в программировании проявились, в частности, в том, что на конкурсе на новый язык программирования, объявленном Министерством Обороны США, победила европейская группа (включавшая французов, немцев и англичан) с языком Ада.

Принятие в этих условиях ИБМ-овского варианта, где ориентация на «грубую силу» оборудования выражена сильнее, чем где-либо, напоминает предлагаемый администрацией Р. Рейгана план «взаимного» сокращения стратегических вооружений за счёт ракет наземного базирования. Отрицательный эффект перехода на машины ЕС уже сказался в том, что была оттеснена на задний план машина БЭСМ-6 с её довольно развитым программным обеспечением, а в некоторых приложениях пришлось переходить с лучших систем программирования на худшие, навязанные машинами ЕС.

Более естественным для нас решением было бы сотрудничество с западноевропейскими фирмами – вариант, который в своё время как будто бы рассматривался и который мог бы стать достойным предшественником нынешнего соглашения о газопроводе в Западную Европу.

Далее, оказалось, что заимствованная операционная система ориентирована на характеристики оборудования, которые в наших условиях пока не обеспечены. Речь идёт о вполне надёжном его функционировании и о доступности оборудования и материалов в достаточных количествах. Сбой процессора и периферийных устройств (в первую очередь дисководов) – достаточно обычное явление, а каждый такой сбой приводит к потере значительной части ранее выполненной работы. В некоторых случаях система предусматривает возможность продолжения работы – требует перехода на другой дисковод или НМЛ (обычно таких устройств, которые можно было бы занять вместо давшего сбой, не оказывается), но обычный результат сбоя – это гибель одного задания, а нередко и всех заданий с необходимостью перезапуска всей операционной системы. Операционная система предусматривает на случай сбоя специальное средство – контрольные точки и восстановление, но пользование этим средством довольно громоздко и не всегда возможно: его необходимо включать в задачу заранее. Если бы сбой были достаточно редким явлением, можно было бы специально готовить с учётом этого средства задачи, требующие многочасового счёта, включать же это в каждую задачу нереально. (Некоторые из подобных трудностей, а также некоторые, упомянутые далее, частично преодолены в системе КРОС (HASP), представляющей собой надстройку над ОС ЕС и расходующей значительный объём оперативной памяти.)

Аналогичные трудности возникают и при выборке задания из очереди для исполнения. Задание выбирается без учёта доступности необходимых ему внешних устройств, а когда оно выбрано, система начинает требовать подключения устройств, которые в данный момент неисправны или вообще отсутствуют (обычно при генерации системы в неё включают информацию об устройствах, которые предполагается установить в будущем). Оператору в этих условиях остаётся лишь отменить несвоевременно выбранное задание с тем, чтобы позднее

вести его в систему повторно. Можно предположить, что эта особенность операционной системы была специально ориентирована на создание у потребителя завышенной потребности в периферийных устройствах (это напоминает рекламу детских игрушек, направленную на детей с тем, чтобы они требовали от своих родителей их приобретения).

Выдача результатов на печать в этой операционной системе ориентирована на высокое качество бумаги и безупречную работу печатающего устройства. Считается, что в устройство можно заправить фальцованную бумажную ленту, на которой при необходимости заранее напечатаны бланки формируемых документов, соблюдается точное положение сгиба бумаги по отношению к печатным строкам, есть возможность выводить некоторые короткие сообщения на отдельный лист и т. п. От всего этого на практике приходится отказываться. А операционная система в случае технической неисправности устройства может блокировать вывод результатов данного задания, а иногда и большие ресурсы машины. Зато, если неисправность связана с разрывом перфорации на краю бумажной ленты или обрывом бумаги в середине из-за соприкосновения с изношенной крашащей лентой, «вывод» результатов «в никуда» продолжается, и восстановить их уже невозможно.

В некоторых случаях операционную систему приходится останавливать из-за неисправности устройства, на которое выводится сборный протокол системы. Система спасает его любой ценой, начинает выводить его на пультовую пишущую машинку (кстати, часто не выдерживающую такого объёма вывода), и работа системы начинает лимитироваться скоростью работы машинки. Отказаться от протокола невозможно, хотя в наших условиях он в большинстве случаев никому не нужен.

Бичом существующих машин ЕС стала ненадёжная работа дисководов, частые сбои, неполная взаимозаменяемость между однотипными устройствами (запись, сделанная на одном устройстве, ненадёжно читается на другом), иногда выход дисковода из строя на длительное время. Одна из причин этого, видимо, в том, что были заимствованы количественные параметры дисководов ИБМ (размеры, плотность записи, скорость вращения и т. п.) без возможности воспроизвести тот же уровень технологии, снабжения запчастями и т. п. В наших условиях имело бы смысл, не прекращая усилий, направленных на повышения качества изготовления, учесть уровень, достижимый на сегодня при массовом выпуске дисководов и пакетов дисков, и компенсировать ненадёжность оборудования изменением количественных параметров (например, снижением плотности записи), а также такими средствами, как использование кодов, исправляющих ошибки (при небольших дополнительных затратах памяти они во много раз повышают надёжность); всего этого нельзя было почерпнуть в пресловутом «прототипе».

Аналогичные замечания можно отнести и к магнитным лентам, однако их использование ограничено, и поэтому их недостатки меньше отражаются на работе системы в целом.

3. Остановимся на некоторых технических недостатках системы. Прежде всего, бросается в глаза значительный объём и громоздкость системы. Это не только следствие технологии её разработки, но связано и с исходной постановкой задачи. Чуть ли не по каждому вопросу система предлагает пользователю широкий выбор вариантов для достижения примерно одной и той же цели. Для хранения информации на внешних носителях предлагаются форматы F, FB, U, V, VS и другие комбинации (кстати, метод хранения информации на магнитных дисках с членением на записи разной длины в пределах одной дорожки является производным от методов, разработанных для более старого носителя – магнитной ленты). Для работы с последовательными наборами данных предлагаются методы BSAM, QSAM с разными вариантами пересылки и буферизации, однако же, несмотря на это разнообразие, приходится обеспечивать ещё и метод EXCP с непосредственным построением команд для внешнего устройства. Для запроса оперативной памяти предлагаются варианты с регистровым запросом, с запросом на одну область или на много, с указанием того или иного подпула. Для перехода задачи в ожидание некоторого условия, необходимого для продолжения работы, существуют разнотипные методы WAIT, ENQ, STIMER. Для обработки ошибок и аномальных ситуаций – SPIE и STAE. Даже на уровне операционной системы в целом помимо системы ОС существует несовместимая с ней система ДОС, предназначенная как будто бы для машин с малым объёмом оперативной памяти (на практике это приводит к тому, что в вычислительном центре, эксплуатирующем ОС, ради пропуска одной программы, написанной в ДОС, приходится останавливать всю работу и весьма непроизводительно использовать мощную машину).

Из всего этого разнообразия лишь небольшая часть отражает реальное разнообразие потребностей. В одних случаях разнообразие отражает отсутствие систематического подхода и последовательные наслоения, возникшие в процессе разработки системы; в других – неумение найти достаточно общее решение проблемы, что и приводит к тому, что на пользователя перекладывается выбор одной из предлагаемых полумер; иногда же сама проблема, для решения которой предлагаются альтернативные варианты, является пережитком прежних машин, имевших очень малый объём оперативной памяти и других ресурсов, а сейчас вообще не актуальна (это относится в первую очередь к разнообразию форматов записи и вариантов последовательного доступа).

Для поддержания каждой из альтернатив операционная система имеет свои особые модули, они отражены в разных управляющих блоках системы, где соответствующую информацию приходится размещать, устанавливать и проверять даже для неиспользуемых альтернатив.

Обеспечение разнообразия вариантов, в том числе и действительно необходимых, основывается обычно на построении «универсальных» управляющих блоков, где заранее представлены все возможности (и оставлен небольшой резерв на будущее развитие). Однако таким образом будущие потребности предвидеть не удаётся. Для управляющих блоков создаются дополнительные вынесенные части, а введение новых функций сопровождается организацией дополнительных проверок и выходов в старых модулях. Следовало бы с самого начала

предусмотреть более гибкую структуру управляющих блоков, а варианты функционирования в случаях, где вероятно расширение, изображать не битами, а адресами вынесенных подпрограмм. Сейчас же блок DCB, предусматривающий всевозможные типы периферийных устройств, нельзя стандартным образом перестроить на использование вместо периферийного устройства моделирующей его пользовательской программы (впрочем, какие-то возможности появляются вместе с ОТМД (TCAM)).

Сам языковой аппарат, основанный на использовании ключевых и позиционных параметров (и подпараметров) с умолчаниями, без которого пользователь вообще не смог бы воспользоваться системой, не имеет в системе систематической реализации. Естественно было бы ожидать, что система обеспечит единый механизм хотя бы для синтаксического разбора текстов с такой структурой, но его нет, и каждый блок системы производит разбор текста кустарным образом, что сильно удлинняет программы. Например, при анализе операторской команды типа M 130,VOL=(SL,DLIB01) производится проверка на группу символов 'VOL=(SL,'. Кроме того, в результате нет полного единства в синтаксисе и в написании ключевых слов между разными компонентами системы (программа системного вывода требует указывать умолчания ключевых параметров в операторе PROC без знака & и не обязательно для всех ключевых параметров, а ассемблер в макроопределениях – наоборот; сокращение DSN вместо DSNAME допускается на языке управления заданиями, но не для системных утилит). Свободный формат, основанный на ключевых словах, беспорядочным образом чередуется с жёстким форматом 80-байтовых «карт», разделённых на поля, (ещё один пережиток использования устаревших носителей данных) и особыми (неодинаковыми в разных случаях) правилами «переноса» на следующую карту. В результате при обращении к процедуре языка управления заданиями ключевые параметры можно заменять в произвольном порядке, а DD-предложения – только в порядке их следования в процедуре; в предложении EXEC параметры, относящиеся к разным пунктам процедуры, можно заменять только в порядке следования этих пунктов, хотя запись этих замен использует свободный формат. Выдача операторской команды START с очень длинным полем PARM приводит к ошибке языка управления заданиями из-за того, что главный планировщик первоначально преобразует эту команду в задание в 80-байтовом формате (откуда это знать оператору?). Эти и подобные курьёзы хорошо знакомы тем, кто повседневно работает с ОС ЕС.

Реализация многих часто встречающихся функций операционной системы довольно неэкономна. Это относится даже к таким часто встречающимся функциям, как WAIT и GETMAIN, для которых основная часть команд SVC-программ посвящена контролю допустимости параметров (аппаратный контроль при переходе в режим супервизора частично отключается), подготовке учётной информации и рассмотрению специфических случаев. Не случайно даже реализация языка ПЛ-1, выполненная тем же разработчиком, избегает пользоваться командой GETMAIN для каждого запроса на память и создаёт собственную систему. А в SVC-программах, равно как и в стандартных рекомендациях по организации входа в реентерабельный модуль, GETMAIN широко используется даже для получения маленьких блоков памяти.

Ряд ограничительных установок, принятых в начале разработки прототипа ОС ЕС, и, возможно, уместных в тот период (более 20 лет назад), оказались совершенно неприемлемыми в период широкого освоения этой системы у нас в стране. Это прежде всего отсутствие динамического распределения ресурсов (наборов данных, периферийных устройств) и отсутствие диалогового режима обращения к наборам данных и запуска заданий. («Официальные» решения части этих проблем пришли лишь в последний момент и, как всегда, в виде громоздких надстроек над старой системой.) Эти ограничения системы привели к своеобразному взрыву инициативы пользователей, которые в разных местах, независимо друг от друга и в условиях жестокого недостатка информации о внутренних механизмах ОС разработали и внедрили ряд диалоговых систем, полностью или частично решающих эти проблемы (в МИФИ – PRIMUS, в Ленинградском университете – JEC, в ДВНЦ АН – DED, и т. п.). Эти системы широко распространились за пределами первоначально разработавших их коллективов и оказались во многих случаях лучше приспособленными к потребностям пользователей, чем появившиеся позднее системы, адаптированные с прототипа. (Достаточно заметить, например, что одной из первых решавшихся при этом задач было сохранение информации в случае сбоя операционной системы.) Эту инициативу пользователей можно было бы только приветствовать, пожалев лишь, что с самого начала не было координации этих работ (хотя соревнование разработок имеет свои преимущества). Однако надо учесть, что препятствия, на преодоление которых было затрачено столько усилий, были всего лишь результатом устаревших исходных установок при разработке ОС ЕС, вернее, OS/360; пользователи других операционных систем не могут сдерживать улыбки, слыша о наших «великих проблемах».

Можно, кстати, заметить, что принцип статического выделения ресурсов, имевший целью, видимо, предотвращение системных тупиков, не сработал и в этом отношении. При размещении на дисках временных наборов данных, необходимых для заданий, начальное отведение памяти производится заранее (статически), но во время работы допускается захват дополнительных участков, что при общей нехватке места на дисках может привести к неразрешимому конфликту между двумя заданиями, каждому из которых нужна дополнительная память. Вот ещё один пример. В системе с MVT возможна такая ситуация: задание не может начаться из-за отсутствия участка памяти требуемых размеров, который освободится лишь после завершения другого задания. Тем не менее некоторые имена наборов данных уже захвачены им в монопольном режиме, из-за чего другое задание с этими именами и с меньшим запросом на память не сможет начаться. Оператор может выдать команду CANCEL для первого задания, но она будет исполнена лишь после того, как оно получит свой (большой) участок памяти.

Ещё одна «проблема», вызвавшая взрыв самостоятельности, это отсутствие в ОС ЕС средств подготовки

текстовых документов (хотя ИБМ для подготовки своих руководств таким средством пользовалась). В условиях дефицита машинисток эта проблема сразу дала себя знать и вызвала к жизни огромное число параллельных разработок разного качества. Аналогичное положение имеет место для средств запуска системных утилит с консоли оператора.

Представляются недостаточными средства защиты программ и данных, предусмотренные оборудованием и операционной системой ЕС. Большая часть средств защиты основана на неосведомлённости пользователя, которому не сообщается, например, структура загрузочного модуля и от которого рекомендуется прятать программу IMASPZAP, корректирующую загрузочные модули. Если же речь идёт о хорошо подготовленном злоумышленнике, то здесь аппаратура обеспечивает лишь один уровень защиты – ключ памяти. Тот, кто сможет получить для своей программы нулевой ключ памяти, сможет любым образом нарушить функционирование системы, например, вывести её из строя, заодно уничтожив сборный протокол, или, не создавая видимых нарушений, перенести в выдачу своей программы таблицу паролей в преобразованном для неизвестности виде, или же, наконец, внести желательные для себя изменения в операционную систему на будущее. Получение же нулевого ключа памяти также не является трудной задачей. В системе с MFT сведения о ключе программы, вызвавшей другую программу, хранятся в блоке PRB в незащищённой области памяти и их там легко изменить. В системе с MVT такой возможности до последнего времени как будто бы не было (хотя достаточно было произвести незначительное изменение, скажем, в библиотеке процедур – и оператор, не зная того, вместо программы системного ввода запустил бы в привилегированном режиме совсем другую программу). В последних же изданиях системы присутствует команда MODESET, которая позволяет законным образом произвести любое изменение режима (и это, возможно, оправдано для некоторых системных программ). В описании блока JSCB содержится «успокаивающая» информация о том, что один из битов определяет право задания на выдачу команды MODESET. Но это не соответствует действительности: команда MODESET никаких проверок не делает и работает независимо от этого бита. Здесь не просто отсутствие контроля, а лживая информация о его присутствии. Заметим попутно, что другие компоненты системы, например, команда OPEN, затрачивают значительное время на проверку законности запроса.

Впрочем, на защищённость наборов данных, в том числе, библиотек самой операционной системы, нельзя полагаться и потому, что информация о защите содержится в оглавлении тома, которое можно изменить программно (как набор данных с именем 44X'04'); при существующей степени запутанности системы трудно рассчитывать на удовлетворительную организацию защиты.

Разумеется, никакие аппаратурные и программные средства сами по себе не могут обеспечить защиты от злоумышленника. Однако защита от посягательств, осуществляемых в течение долей секунды, невозможна без аппаратурных и программных средств.

Аналогичное положение имеет место с защитой системы и данных на случай сбоя периферийных устройств или внезапного отключения питания. После перезапуска системы единственным источником информации оказываются записи на диске в системной очереди заданий. Однако запись очередного изменения в эту очередь может оказаться незавершённой. Операционная система для избежания этого предлагает лишь функцию «обязательного завершения», которая сводится к тому, что до завершения такой записи не могут работать задания пользователей.

Возможно, кто-либо из лиц, ответственных за разработку ОС ЕС, прочитав эти замечания, высокомерно ответит, что они основаны на устаревших данных, а в новейших вариантах системы всё это уже исправлено (некоторые позднейшие улучшения были упомянуты и в этих заметках). Вопрос, однако, не в том, какие из недостатков системы на сегодня удалось смягчить или устранить, а в том, во-первых, что система в своей основе порождает подобные трудности в большом количестве, и в том, во-вторых, что исправления приходят слишком поздно и слишком дорогой ценой. Слишком поздно, потому что пользователи уже понесли ущерб от этих недостатков и уже затратили значительные усилия на их преодоление (в том числе, разработав ряд систем, лучше удовлетворяющих их потребности, чем то, что предлагает ныне официальный разработчик). Слишком дорогой ценой, потому что все последние нововведения имеют вид дорогостоящих пристроек к прежней системе, тратят значительную часть усилий (в виде затрат памяти и времени, сложности программ, специфического языкового обеспечения и документации) не на удовлетворение потребностей пользователя, а на преодоление ограничений прежней системы.

4. Немалые издержки связаны с тем, что ОС ЕС задумана как точная копия зарубежного образца.

Изучение и «адаптация» зарубежной разработки, к тому же «по безлицензионному методу» отвлекли от оригинальных разработок значительные программистские силы. В этих условиях появилась постоянная необходимость следить за всеми нововведениями в зарубежном прототипе, ничего не упуская. Если в некотором заимствованном варианте системы есть недостатки и ошибки, то самым верным средством исправления стало казаться заимствование следующего зарубежного варианта, где обещано исправление этих ошибок, и так без конца. Совершенствовать систему самостоятельно стало опасным: вдруг самостоятельно внесённые изменения окажутся несовместимыми со следующим вариантом «оттуда».

Объём разрабатываемого за рубежом программного обеспечения растёт, и с ним растёт необходимый объём работ по адаптации. Помимо системного программного обеспечения необходимо приобретать и адаптировать прикладное программное обеспечение (без него не имело бы смысла заимствовать операционную систему); кстати, каждый прикладной пакет имеет меньшее распространение, чем системное обеспечение, и приобрести его «безлицензионным» методом труднее. В целом при таком положении темпы адаптации могут отстать

от темпов зарубежных разработок. Уже сейчас некоторые системные программисты, которым удаётся получить оригинальный вариант зарубежной системы, начинают использовать его, не дожидаясь адаптации его нашими разработчиками. В любом случае при условии адаптации наш пользователь получает вариант примерно десятилетней давности.

О трудностях адаптации говорит и тот факт, что в последних изданиях ОС ЕС ряд важных компонент исключён из понятия операционной системы (они переведены в ранг дополнительных «пакетов»). Это можно рассматривать и как реакцию разработчика на возросший объём работ по адаптации.

Сама адаптация, как предполагается, состоит в подробном разборе полученных программ, в доскональном понимании принципов их функционирования, а также во включении в программы наших обозначений операционной системы и аппаратуры и составлении руководств на русском языке (обычно путём перевода с английского). К сожалению, степень понимания полученных программ невозможно точно оценить и проверить. На вопрос о назначении той или иной детали не всегда возможно разумно ответить. При этих условиях (учитывая также дефицит времени и сил на адаптацию) возможны и необнаруженные ловушки, специально устроенные противником. (Недавняя операция ФБР США против японских фирм Хитати и Мицубиси, стремившихся получить материалы о последних разработках ИБМ, делает такое предположение правдоподобным.) Не принадлежит ли к числу таких ловушек упомянутая выше команда MODESET? (Если говорить конкретно об этой команде, то её появление объясняется, скорее всего, не диверсией, а неаккуратным сочетанием модулей, заимствованных из разных версий прототипа.)

Вот ещё один пример, более старый. В аварийных дампах ОС ЕС в режиме MFT обращало на себя внимание неоднократно встречавшееся странное слово RENZTIEW. Как выяснилось при более внимательном изучении, оно всегда стояло в конце блока SVRB, связанного с SVC-командой аварийного завершения, и засылалось туда специально одним из модулей этой SVC-программы. Чем мотивировано это слово? (Кстати, иногда такие слова служат ориентиром для других модулей ОС ЕС.) Был проделан эксперимент – в соответствующем модуле SVC-программы это слово было заменено на совсем другое – на фамилию одного сотрудника. Система продолжала работать как ни в чём не бывало, выдавая теперь на всех дампах эту фамилию. Итак, на эту роль может быть выбрано любое слово, и оно будет появляться на всех аварийных дампах, поэтому оно может быть использовано для идентификации экземпляра операционной системы, незаметной для не очень внимательного пользователя. Первые четыре буквы слова RENZTIEW входят также в название фирмы LORENZ, сыгравшей роль в получении нашими разработчиками сведений об OS/360. Не было ли это слово меткой экземпляра OS/360, переданного из ИБМ этой фирме?

Другим отрицательным эффектом распространения заимствованной системы стал своего рода культ заимствования. Для многих разработчиков и пользователей стало привычным считать, что всякая наша разработка является копией какой-то зарубежной, вопрос лишь в том, какой именно. Дело доходит до курьёзов. Упомянутые выше оригинальные диалоговые системы доступа к машине принимают за заимствованные («где уж нашим!»); встретив необычный термин, спрашивают, как это было по-английски; знакомясь с проспектом новой разработки, стараются вежливо выяснить, какой тут зарубежный «аналог» (чтобы не спросить прямо, с чего «слизано»), и даже поверив в отсутствие «аналога», удивляются и дружески советуют не ломать голову, а использовать уже испытанные образцы. Авторы оригинального программного обеспечения теперь испытывают затруднения, когда в документах или статьях необходимо указать, что данная разработка не является копией зарубежной, так как работы по адаптации обычно обозначаются в документах как новые разработки. Стало престижным щеголять английскими терминами в русской транскрипции, даже если за ними не стоит нового содержания. Был случай, когда литовский программист, адаптировавший для себя одну отечественную разработку и, в частности, переведший её выходные сообщения с русского языка на литовский, счёл необходимым «для солидности» придумать ей название на английском языке.

Ещё одним результатом распространения ОС ЕС стала своего рода экспансия английского языка. Заменить английские тексты сообщений ОС на русские оказалось невозможным, так как они разбросаны по самым разным местам системы, и не всюду вместо них можно вставить другие тексты, не затрагивая всего остального. В ОС ЕС нельзя даже свободно пользоваться русским алфавитом (в документации есть отдельный том об употреблении букв кириллицы – так на западный манер разработчики величают русскую азбуку), и приходится писать в программах идентификаторы латиницей, коверкая русские слова, а то и переходя на английские, тоже перевернутые. Для серьёзной работы с операционной системой необходимо владеть английским языком, и некоторые системные программисты уже говорят о себе: «владею английским языком в объёме ОС ЕС», а разработчики учатся писать документацию по-английски ради взаимодействия с ... партнёрами по СЭВ. Ещё хуже положение рядового или эпизодического пользователя, получающего на машинной распечатке загадочный английский текст. В отличие от англоязычного пользователя он вынужден сразу же обращаться к справочнику, а справочник поступает только как часть документации операционной системы. Издать наиболее важные тома документации в виде книг нельзя: это было бы нарушением авторских прав фирмы ИБМ, с документации которой переведены эти материалы. (В результате пользователю приходится довольствоваться разного рода полуграмотными «пособиями».)

5. Одним из результатов распространения ОС ЕС явилось ещё и то, что громоздкий стиль построения этой системы и её документации стал рассматриваться у нас как единственно возможный стиль промышленной разработки. Это нашло отражение в действующих стандартах ЕСПД (где, в частности, все примеры основаны на ОС ЕС) и в сложившейся практике официальной приёмки и распространения средств программного обеспече-

ния. Есть тенденция применять такой подход ко всякому вообще программному продукту, независимо от того, на какую категорию задач и пользователей он рассчитан, какова его предполагаемая сфера распространения и долговечность (программы, создаваемые в расчёте на вечное использование, рискуют устареть раньше других). Сторонники этого подхода не учитывают, что и за рубежом существуют другие формы разработки и распространения программного обеспечения. Достаточно сослаться на программное обеспечение для персональных ЭВМ, разрабатываемое индивидуальными авторами и распространяемое фирмами в виде гибких дисков (есть, говорят, авторы, удостоенные «золотых дисков»). В качестве примера совершенно иного стиля разработки можно сослаться и на операционную систему UNIX, которая в последние годы завоевала широкий рынок и легла в основу крупных промышленных систем. Авторы этой системы связывают её успех с тем, что она разрабатывалась без определённого технического задания и её развитие направлялось потребностями сравнительно небольшого коллектива высококвалифицированных пользователей (включавшего и самих авторов). Некоторые зарубежные авторы открыто издеваются над громоздким «производственным» стилем программирования, при котором пустяковая задача, требующая лишь пары строк на языке высокого уровня, разрастается из-за мелких комментариев, служебных отметок, контрольных распечаток и инструкций по их удалению на несколько страниц текста. Таким образом, ссылки на зарубежную практику не могут оправдать сложившиеся у нас одностороннее понимание промышленного продукта.

Между тем этот подход стал непреодолимым препятствием для официальной приёмки и распространения многих отечественных программных средств, особенно тех, которые созданы инициативно, под влиянием текущих потребностей эксплуатации ЭВМ высококвалифицированными программистами, работающими в непрофильных организациях. Редкий вычислительный центр не имеет хотя бы чего-нибудь из подобных программных средств, системные программисты списывают их друг у друга, как песни любимых ансамблей. И в то же время с официальной точки зрения это всего лишь настоящие мелкие «поделки», не имеющие даже статуса рацпредложений, а их авторы (зачастую анонимные) низведены до уровня «умельцев-кустарей». Пренебрежительное отношение к «умельцам» связано, возможно, с тем, что их путают с известной из нравоучительных переводных книг по программированию одиозной фигурой «суперпрограммиста» – неуправляемого маньяка, быстро пишущего программы и скрывающего от окружающих их секреты (скорее всего, это даже и не маньяк, а просто рвач). Реальные разработчики инициативного программного продукта у нас обычно ориентируются на потребности пользователя и хорошо понимают, что и в каком объёме надо объяснять и документировать (средства технологической поддержки и документирования разработок тоже часто создаются инициативно). Эти разработчики создают документацию, достаточную для толкового пользователя (обычно на машинном носителе, чего ГосФАП до сих пор не допускает, несмотря на существование соответствующего ГОСТа), но, конечно, они не станут составлять инструкцию о режиме транспортировки и хранения магнитной ленты с программами или, скажем, давать подробное объяснение логики программы, рассчитанное на малоквалифицированного программиста из посторонней организации, которому, быть может, захочется изменить программу (квалифицированный программист воспользуется для этого текстом программы).

Интересно, что влияние традиций ИБМ проявилось не только в вопросе о том, какие документы должны быть, но и в том, каких документов не должно быть. Например, не отражена в ЕСПД документация для пользователя в форме подсказки из ЭВМ в интерактивном режиме. Так же вслед за ИБМ от пользователей стали скрывать исходные тексты программ; это делают даже при адаптации такого программного обеспечения, которое в оригинале всегда сопровождалось исходными текстами.

Остаётся заметить, что положение, при котором невозможно официальным путём получить необходимые материалы по программному обеспечению, будь то оригиналы или исходные тексты зарубежных систем, или упоминавшиеся выше самостоятельные разработки, порождает мелкособственническое отношение к таким материалам и даже корыстные сделки по поводу их передачи.

Сказанное не означает, что разработка программного обеспечения очень большими коллективами с расчленением продукта на малые части и подробными описаниями для неподготовленных пользователей не нужна ни в каком случае. Речь идёт о том, что односторонняя ориентация на этот, заимствованный у ИБМ, стиль разработки лишает нас значительной части наших резервов производства программного обеспечения.

6. Критикуя принятое когда-то решение о следовании разработкам фирмы ИБМ, многие задаются вопросом: как это могло случиться? Что это было: непростительная безответственность и близорукость? торжество чьих-то узкоэгоистических интересов? или, по выражению голландского учёного Э. В. Дейкстры, победа США в холодной войне с СССР?

Вероятно, ответ на этот вопрос не столь прост и прямолинеен. Наверняка среди тех, кто начинал эти работы, были люди, понимавшие негативные последствия подражания и принимавшие такое решение с тяжёлым сердцем, как вынужденный шаг и единственное, по их представлению, средство радикально улучшить положение с вычислительной техникой в нашей стране. Возможно, сказались слишком оптимистические оценки сроков освоения заимствованной системы: существовали надежды, что к середине семидесятых годов мы выйдем из полосы подражания и сможем развиваться самостоятельно. Оглядываясь назад, непросто выяснить, где и когда был сделан тот ложный шаг, который привёл нас на столь неудачный путь.

Прежде всего, нельзя отрицать достигнутого прогресса в производстве оборудования. К тому же, развитие производства – это не адаптация программного обеспечения: завод, и даже технологию, не спишешь с магнитной ленты, это надо создавать самим. В использовании архитектуры Системы/360 ИБМ самом по себе тоже нет ничего плохого (хотя, вероятно, и с нашим опытом конца шестидесятых годов, мы могли бы выбрать лучший

образец для подражания). Далее, если воспроизводится архитектура машины, естественно испытать на ней и заимствованную операционную систему. Это даже необходимо, чтобы проверить функционирование аппаратуры в реальных условиях и ознакомиться с проблемами эксплуатации новых машин. Что же, нужно было и дальше следовать этим путём?

Думается, что именно здесь и была ошибка. После освоения первого варианта зарубежной системы и, возможно, его частичной адаптации не было никакой необходимости продолжать адаптацию, используя всё новые и новые варианты прототипа. Вряд ли эти варианты несли с собой что-то принципиально новое, чего мы не могли бы сделать на собственной основе, своими силами и с меньшими затратами. Но на практике уловить момент такого перехода было сложно. Сказалась, вероятно, и инерционность крупных организаций, созданных для освоения заимствованной системы (в том числе на уровне международного сотрудничества), а также, возможно, отставание от намеченных сроков, когда, к тому же в условиях неполного ещё понимания деталей прототипа, продолжение адаптации казалось самым быстрым способом исправления недоделок. Попытки перейти на самостоятельные разработки в ходе этой гонки, тем не менее, делались, однако их неудачи (для первой попытки вполне естественные) лишь укрепили позиции сторонников безусловного подражания.

Во всяком случае, урок освоения ОС ЕС ясен: можно, и иногда нужно осваивать отдельные образцы зарубежного программного обеспечения, но нельзя становиться на путь постоянного следования за ними.

Что же делать теперь? В настоящее время на базе машин ЕС и её операционной системы выполнено значительное количество разработок в различных областях, поэтому, несмотря на все недостатки ЕС, не может быть и речи о прекращении использования этих машин, пока не устарело уже разработанное программное обеспечение и не налажено широкое производство иных машин.

Но необходимо не только поддерживать разработку и производство других типов машин и операционных систем, но и делать усилия для выхода из порочного круга подражания «прототипу». Надо учесть, что и некоторые зарубежные фирмы, производящие аналоги ИБМ-овского оборудования, вносят в него изменения, так что получаются системы, лишь частично совместимые с продукцией ИБМ. Надо прилагать усилия к самостоятельным разработкам, в том числе и на базе существующей операционной системы, не забывая о совместимости с будущими разработками ИБМ. Можно продолжать использовать существующую производственную базу для выпуска машин ЕС, разрабатывая для тех же машин новые операционные системы и даже (для машин Ряда-2 с микропрограммированием) новые системы команд. Трудно обойтись без соревнования различных направлений в этой области, лишь опыт может показать, что лучше.

Что же касается полностью совместимых с ИБМ машин и систем, необходимых для использования или изучения заимствованного прикладного программного обеспечения, то стоит рассмотреть вопрос об открытой закупке такого оборудования или операционных систем. Если мы, как сейчас, готовы довольствоваться разработками десятилетней давности, то вряд ли за них запросят дорого или наложат на них эмбарго.

К вопросу об автоформализации профессиональных знаний и ее инструментах

Цейтин Г.С.

On Autoformalization of Professional Skills and its Toolkit

Tseytin G.

Эти заметки связаны с задачей массового использования ЭВМ в разнообразных видах профессиональной деятельности, как она обрисована в книге Г.Р. Громова «Национальные информационные ресурсы», а также в его статье («Микропроцессорные средства и системы», N 3, 1986) и имеют целью уточнить некоторые используемые при этом понятия и постановки задач, а также предостеречь от некоторых расхожих упрощений в понимании этих задач.

Можно полностью согласиться со словами Г.Р. Громова:

«Как превратить ЭВМ в эффективный инструмент программирования для непрограммирующих профессионалов – актуальный вопрос технологии программирования в восьмидесятые годы, от ответа на который зависят масштабы и эффективность внедрения вычислительной техники». Кажущееся противоречие – «инструмент программирования для непрограммирующих профессионалов» – не должно смущать. Непрограммирующие профессионалы – это представители всех профессий, нуждающиеся в использовании вычислительных средств (чтобы избежать каламбуров, будем их здесь именовать специалистами). Их непосредственный контакт с машиной – это единственный мыслимый способ обеспечить решение на ЭВМ необходимых задач: никаких программистов, которых можно было бы привлечь в качестве посредников, очевидно, не хватит на все применения машин. Реальный вопрос в том, какими инструментами надо снабдить для этого специалистов и как в этом случае будет выглядеть их деятельность. Другой вопрос – каковы задачи профессиональных программистов в обеспечении этого процесса.

В понятие автоформализации профессиональных знаний по Г.Р. Громову входит, как можно судить, не только решение задач на ЭВМ непосредственно специалистом, но и передача создаваемых при этом средств (программ) другим специалистам в той же области или даже потребителю, не являющемуся таким специалистом. Если это происходит, то мы можем считать, что в созданном средстве действительно материализована определенная часть профессиональных знаний и опыта специалиста.

Но, вероятно, было бы неправильным говорить, что мы имеем дело только со знаниями. Опыт показывает (и это неоднократно отмечается Г.Р. Громовым), что обычно наибольшую трудность представляет не выделение знаний о способах обработки данных в ЭВМ (используемые формулы порой совершенно элементарны), а выделение потребностей специалиста, или шире, проектирование всего процесса деятельности специалиста с использованием ЭВМ или же функционирования автоматической системы с ЭВМ в контуре управления. Прочитанные Г.Р. Громовым слова Д. Цихрициса «Определить, что хочет пользователь в отличие от того, что он говорит, что он хочет, – это и есть настоящее искусство» отражают хорошо известную ситуацию. Это один из наиболее сложных вопросов разработки прикладных программных средств, даже если он решается в сотрудничестве специалиста и профессионального программиста. К вопросу о методах и инструментах решения этой задачи мы еще вернемся.

Еще сложнее положение, когда ставится задача переноса на ЭВМ человеческих функций, основанных не на собственно знаниях, а на невербализованных навыках. Лично я не разделяю энтузиазма Г.Р. Громова по поводу водителя вездехода в тайге, который попытался бы запрограммировать проводку вездехода через хорошо знакомое болото. С этой задачей «в лоб», без серьезной исследовательской работы, думаю, не справился бы ни водитель, ни программист, ни они оба вместе, хотя эта задача и приводится как пример задачи на автоформализацию профессиональных знаний. Возвращаясь из тайги за свой стол, я могу предложить другую задачу: страницу рукописного текста (уже представленную в виде раstra из черных и белых точек с подходящим разрешением) преобразовать в побуквенную кодировку этого текста. Лично я сейчас не взялся бы за такую задачу, хотя неплохо разбираю чужие почерка, да и программирую давно. Интересно, как охарактеризовал бы эту задачу Г.Р. Громов, если он считает недопустимым говорить, что задача не созрела для автоматизации. Думаю, что ЭВМ – не панацея, кто бы ни брал ее в руки: специалист или программист.

Требуется уточнение и использование термина «формализация». В рамках общей постановки задачи Г.Р. Громов не вполне дифференцированно использует понятия демократизации знаний (отчуждения их от узкого круга жрецов), математизации и формализации. Очевидно, могут широко распространяться, в том числе при помощи средств массовой информации, не только формализованные и математизированные знания. Математизацию тоже нельзя рассматривать как универсальную форму научности. Само представление о предмете математики и ее облик менялись с появлением каждой новой сферы приложений. Не избежала она этого и в наше время, в том числе в связи с развитием вычислительной техники. В частности, на нынешнем этапе использование чисел уже не является необходимым атрибутом математизации. С сегодняшних позиций необходимым условием математизации является формализация, под которой, по-видимому, надо понимать возможность полного перечисления всех объектов и соотношений, участвующих в постановке задачи, так чтобы ее

решение оставалось полезным, несмотря на отвлечение от остальных реально присутствующих факторов. Формализация не тождественна математизации: последняя предполагает не только получение формализованного описания задачи, но и использование таких методов преобразования полученной информации, которые могут дать результат, не получающийся без формализации.

Для понимания ситуации в программировании важно иметь в виду, что в нем мы имеем дело как с математизированными, так и с нематематизированными областями знания. Напротив, формализация всегда необходима для ввода задачи в вычислительную машину, хотя эта формализация может быть и совсем неглубокой, т.е. отражать слишком малую часть существенных для задачи факторов (например, можно свести литературное произведение всего лишь к последовательности букв и знаков препинания).

Нужно также учесть, что процесс решения задачи на вычислительной машине сегодня достаточно сложен и уже не может рассматриваться как полностью формализуемый. Мы не можем сказать, что, работая на реальной машине, мы способны перечислить все факторы, влияющие на результат. И не потому, что реальные машины иногда дают сбои, а потому, что одна и та же программа используется на многих машинах, отличающихся либо конструктивными особенностями либо вообще всей архитектурой (для программ, написанных на машинно-независимом языке). Точно перечислить условия, необходимые для того, чтобы некоторая реальная программа функционировала в соответствии с ее замыслом, нереально. Ведь на применимость программы может повлиять даже различие в диапазоне и точности представления чисел, не говоря уже об особенностях используемых версий языка, операционной системы, периферийных устройств и т.д. К огорчению энтузиастов доказательного программирования приходится отметить, что здесь мы имеем дело не с математической моделью, где можно что-то доказывать, а непосредственно с жизнью. Доказательное программирование часто рассматривается как ключ к надежности программных средств, но ни в каких реальных изделиях (не только в программах) мы не имеем ни абсолютно точной спецификации, ни абсолютной надежности. Скажем, в инструкции к огнетушителю не говорится, на какой в точности угол следует поворачивать его ручку при запуске, а если он почему-либо не срабатывает, то скорее всего не из-за ошибки в угле. Может быть, вместо термина «формализация» лучше подошел бы термин «кодирование».

Трудно согласиться и с тезисом Г.Р. Громова о том, что стремление к самостоятельному выходу специалиста на ЭВМ связано с исчерпанием значительной части ранее формализованных знаний. С одной стороны, даже наличие ранее известной формализации определенных специальных знаний не всегда избавляет специалиста от необходимости самостоятельно переносить их в ЭВМ, с другой стороны, использование ЭВМ для отражения ранее не формализованных знаний или решений имеет давнюю традицию. Оно ведет начало, по крайней мере, от коммерческих и управленческих применений ЭВМ, возникших еще в пятидесятые годы. И к тем же временам относятся попытки создания языков, позволяющих записывать программу в виде, непосредственно доступном для восприятия специалиста (фраза из давней американской рекламы: «наш язык так прост, что даже ваш босс поймет его»). Заметим еще, что подобные применения ЭВМ уже на раннем этапе стимулировали развитие алфавитных устройств ввода-вывода (в чем наша страна, не развивавшая тогда таких применений, отстала): первой по алфавиту «национальной литерой» в ИБМ-овском коде является знак доллара, неизменно присутствующий на всех алфавитных устройствах. Влияние алфавитной формы представления информации на облик современного программирования трудно переоценить. С другой стороны, снижение роли математизированных знаний в программировании действительно наблюдается в последнее время, но не столько из-за того, что подходят к концу его прежние запасы, сколько потому, что в сферу применения ЭВМ входят такие области человеческой деятельности, где математизированных знаний и не было.

Итак, в термине «автоформализация профессиональных знаний» по крайней мере две составляющие – «знание» и «формализация» не вполне точны. Тем не менее будем использовать этот термин ввиду отсутствия другого.

Далее, самостоятельный выход специалиста на ЭВМ нельзя рассматривать как исключительную особенность нынешнего этапа в программировании. С тех пор, как машины стали сколько-нибудь доступны, среди специалистов всегда находились энтузиасты, готовые самостоятельно преодолеть все трудности обращения к ЭВМ ради решения своих профессиональных задач. Тем не менее нынешний период использования вычислительной техники имеет свою отличительную черту – это создание средств программирования, рассчитанных именно на специалистов (первым таким средством являются сами персональные ЭВМ, предназначенные для этого потребителя).

Если на прежних этапах предполагалось, что, как правило, пользователю-непрограммисту передается законченная, замкнутая в себе программа, решающая его задачи, то теперь появилась необходимость передавать ему средства, которые он мог бы сам дорабатывать в соответствии с содержанием своих конкретных задач. Прежде четко просматривалось деление программных средств на средства, обслуживающие программиста (трансляторы и другие «системные» программы), и средства, обслуживающие пользователя (проблемные программы). При этом первые использовали довольно широкие возможности доступа к разнообразным ресурсам машины и обладали достаточной свободой в манипулировании данными разнообразной структуры, в то время как для вторых, пользовательских программ это все считалось ненужным. Разработчики языков программирования и трансляторов сознательно ставили проблемных программистов в узкие рамки, высокомерно полагая, что им больше и не понадобится (к этому еще добавлялось, что ограничения вводятся в интересах самого пользователя, ради надежности). Другими словами, сложился разрыв между возможностями, используемыми при программировании «для себя» (вернее, для себе подобных) и программировании «по контракту».

В современных условиях сфера контрактного программирования вынужденно сужается; в частности, практика создания крупных систем по предварительно разработанным спецификациям, зафиксированным в соответствии с лучшими традициями американского менеджмента, оказалась несостоятельной (Дж. Мартин, «Разработка приложений без программистов»). В соответствии с этим приходится пересматривать и подход к созданию программных средств для специалистов.

Если мы передаем обращение к ЭВМ в руки самого специалиста, ставящего задачу, то он, естественно, должен получить инструмент с более широким диапазоном возможностей, чем составленная кем-то прикладная программа для решения единичной задачи. Более того, если он в программировании становится хозяином, то его могут не удовлетворить и те ограничения, которые ранее представлялись естественными в «проблемном» программировании. И не потому, что ему нестерпимо «дорваться» до всяких манипуляций с данными и до «потрохов» операционной системы (хотя некоторые специалисты порой вынуждены идти и на это; я встречал социального психолога, который без колебаний лез с отверткой в неработающий дисконд). Дело прежде всего в том, что, став постоянным хозяином своей обработки данных, он должен ориентироваться не только на те структуры данных, которые порождаются предоставленной ему системой программирования, но и на те, которые он может получить извне; ему необходимо накапливать не столько законченные программы, сколько их части, которые могут быть использованы впоследствии, и для этих частей должен быть предусмотрен законный статус в его системе; он может не удовлетвориться положением, при котором всю программу нужно фиксировать заранее, до ее пуска, а во время работы уже нельзя импровизировать или автоматически вызывать новую программу в зависимости от получаемых результатов; ему больше, чем профессиональному программисту, потребуются богатые возможности графических средств, и т.д. При всем этом инструмент, предлагаемый специалисту, не должен требовать от него программистского образования, он должен дать ему возможность работать в собственной системе понятий.

Еще одна функция инструмента программирования для специалиста связана с тем, что он не может знать заранее точных требований к своей программе. Единственное, что можно здесь предложить – это эксперимент, т.е. построение и испытание предварительного варианта («макета») требуемой программы. Г.Р. Громов поясняет, что ведущие американские специалисты по организации программных разработок «открыли» этот путь лишь в 1981 г. Впрочем, для тех, кто непосредственно занят разработкой новых систем как «хозяин», это всегда было хорошо известной истиной; опытный разработчик знает, что даже если нет возможности создать макет малыми усилиями, он должен в конструкцию создаваемой системы заложить возможность ее достаточно быстрой модификации, тогда макетом послужит первый вариант системы. То, что об этом так поздно стали писать специалисты по организации разработок, свидетельствует лишь о косности их науки и отрыве разработок «большой» промышленности от исследовательских работ (кое-кто упорно стремится воспроизвести такой отрыв у нас). В наших условиях утверждению макетного подхода помешала затянувшаяся практика адаптации чужих систем, при которой спецификации поступали с самого начала в готовом виде или выражались в наличии действующего прототипа. В результате наш ГОСТ «Стадии и этапы разработки» не упоминает ни макетирования, ни пересмотра спецификаций по результатам опытной эксплуатации первоначального образца.

Как бы то ни было, инструмент для специалиста должен обеспечивать быстрое экспериментирование с вариантами системы. Скорее всего, в условиях, когда лимитирующим фактором являются не ресурсы оборудования, а время разработчика, не будет резкой границы между макетом и рабочим вариантом – рабочий вариант будет результатом последовательного усовершенствования макета. Поэтому инструмент для специалиста должен обеспечивать легкость модификации системы, возможность широкого использования ранее заготовленных элементов, простоту сборки готовой программы или замены ее элементов.

Таким образом, создание адекватного инструмента для специалиста – это многосторонняя и далеко не полностью решенная задача. Во всяком случае, ее нельзя решить, просто урезая возможности средств, созданных ранее для профессиональных программистов.

Ни решение, ни даже постановка такой задачи не могли возникнуть в готовом виде в момент, когда персональные ЭВМ стали экономически доступными для массового специалиста. Поэтому такие машины оснащались средствами программирования из числа имевшихся. Естественно, выбиралось то, что было пригодно для первых персональных ЭВМ по ресурсоемкости, а кроме того, было не слишком сложно для понимания неподготовленного в программировании специалиста. В этом, по-видимому, причина распространения Бейсика и подобных языков. Альтернативой универсальным языкам обычного типа явились средства, работающие в системе понятий специалиста, но жестко ориентированные на конкретные типы задач и оставляющие мало места для собственно программирования – это прежде всего разнообразные системы автоматизации конторской работы.

Г.Р. Громов рассказывает об успешном опыте автоматизации микробиологического эксперимента, где программирование было выполнено в основном силами самих специалистов, быстро овладевших языком Бейсик и затем в его терминах ставивших профессиональным программистам задания на включение в систему дополнительных внешних функций. В этом опыте стоит отметить две принципиальные особенности: во-первых, основной автоматизации явился не Бейсик в чистом виде, а созданная на его базе система с включенными внешними функциями, т.е. имела место доработка стандартной системы программирования под требования заданной проблемной области, во-вторых, эта доработка проводилась в условиях взаимодействия специалистов и профессиональных программистов. Кроме того, было отмечено, что в данном случае общей системой понятий для взаимодействия между двумя категориями профессионалов явилась система понятий языка Бейсик.

Хотелось бы отметить, что усвоение этой системы понятий специалистами – это для них не только приоб-

речение, но и потеря. В процессе разработки и отладки они научились строить такие программы, смысл которых они не могли бы четко сформулировать программисту. Что этот смысл не удастся объяснить программисту, может быть, и не так страшно, но важно другое: сменив свою профессиональную систему понятий на понятия языка программирования, сможет ли специалист вернуться к своей системе после того, как после многочисленных попыток он запрограммировал свой 9-й или 12-й вариант? Сможет ли он впоследствии правильно разобраться в том, какие знания или решения отражает его программа, хотя бы и успешно проработавшая? Сможет ли он объяснить принципы работы этой программы своему коллеге, чтобы тот мог повторить или видоизменить эту программу, или же он сможет лишь дать коллеге копию готовой программы? (Э. Дейкстра иронизировал, что, если раньше физики повторяли эксперименты своих коллег, то теперь они заимствуют программы на Фортране, вместе с ошибками.) Иначе говоря, не приведет ли вынужденная привязка своей работы к машинно-ориентированным понятиям к деформации его профессионального мышления? И другая группа вопросов. Сможет ли он экстраполировать свой опыт разработки системы не очень большого размера на последующие разработки более крупных систем? Сможет ли он объяснить определенный участок своей программы профессиональному программисту, когда окажется, что именно этот участок оказался критичным по ресурсам и его требуется оптимизировать? (Возможности эквивалентного преобразования программ без дополнительных сведений о программе и данных крайне ограничены.)

Не надо понимать эти вопросы как критику конкретно языка Бейсик в пользу излюбленных теоретиками языков, основанных на принципах «структурного программирования». Главное в том, что, если мы переходим к добычанию и накоплению знаний в машинно-выполнимой форме, то насколько удобна эта форма знания для последующего развития, для передачи от одного человека к другому. (Пока что машины сами науку не развивают.) Отражает ли структура получаемого машинного объекта структуру понятий той науки, для задач которой он создан? Структурное программирование, конечно, частично решает эту задачу, обеспечивая сам факт структурированности программы и связь ее структуры со структурой математических утверждений о программе. Но это, конечно, не полное, да и не единственно возможное решение задачи.

Для примера можно вспомнить об одной из разновидностей Р-технологии, где для программирования обработки синтаксически организованных текстов используются структуры, отражающие синтаксическое строение этих текстов. Такое положение вообще свойственно системам построения трансляторов. Их пример заставляет задуматься о следующем: почему профессиональные программисты для одной из областей своей собственной деятельности нашли адекватную форму представления задач, а представителям других специальностей не предлагают ничего, кроме урезанных языков универсального типа? Оправдать программистов могло бы лишь то, что они не имели возможности глубоко узнать проблемы других специалистов, но отсюда следует, что рекомендованного Г.Р. Громовым общения специалистов с программистами в терминах языка Бейсик недостаточно.

В дополнение к рассказу Г.Р. Громова о разработке ППП «Микроб» позволю себе рассказать о собственном опыте сотрудничества со специалистами, именно с лингвистами, продолжающегося уже почти 30 лет (отсюда видно, в частности, что проблемы взаимодействия специалистов с программистами возникли задолго до нынешнего этапа развития вычислительной техники).

Сотрудничество математиков (тогда программисты еще не выделялись) и лингвистов первоначально концентрировалось вокруг задачи автоматического перевода с одного языка на другой. Интерес лингвистов к этой задаче в то время стимулировался не только надеждой на скорый практический результат (как теперь ясно, несостоятельной), но и внутренней логикой развития лингвистической науки, которая к этому времени успела сделать существенные шаги в направлении формализации своих понятий и законов. Кое-кто надеялся даже, что в условиях существовавшего в лингвистике разнобоя в понятиях и суждениях машина сыграет роль объективного судьи. А некоторые математики считали своим долгом на материале этих задач «воспитать» лингвистов, приучить их к точному мышлению, порой навязывая им собственные понятия или даже ограничения тогдашней техники программирования в качестве непреложных требований. Ставился также вопрос, кто собственно должен составлять алгоритмы перевода: сами лингвисты или математики с консультацией лингвистов.

Один из ранних подходов к задаче автоматизации перевода состоял в том, что предлагалось проанализировать, как это делает человек, и воспроизвести в программе ту же последовательность решений и действий. Пытались, в частности, воспользоваться опытом некоторых преподавателей иностранного языка, которые в помощь студентам, неспособным сразу схватить смысл предложения на иностранном языке, разрабатывали формальные схемы анализа (например, как найти сказуемое). Тогда была популярной аналогия с определителями растений, используемыми в ботанике: для определения вида неизвестного растения дается большой список нумерованных правил, в каждом из которых проверяется некоторый признак и задаются переходы к другим номерам в зависимости от результата. Предполагалось, что лингвист сможет составить аналогичный определитель для предложений, а потом осталось бы только его запрограммировать. Однако столь очевидный путь «автоматизации профессиональных знаний» не привел к успеху. Разнообразие всех встречающихся случаев, вариантов и исключений просто не удавалось удовлетворительно охватить подобной схемой.

Причина была в том, что эта форма не соответствовала сложившейся системе лингвистических знаний. Лингвисты умели описывать текст не в терминах букв, слов и знаков препинания, а с использованием более глубоких понятий, таких как члены предложения, грамматические конструкции, части речи, падежи, времена и т.п. Все эти важные для перевода понятия не даны непосредственно в исходном тексте, их определения у разных лингвистов существенно расходились, что приводило к попыткам объявить их вообще неточными, ненаучными, ввести вместо них какие-то случайные признаки, якобы мотивированные реальной задачей. В качестве

ответной реакции некоторые консервативные лингвисты объявляли все это направление ненаучным. На самом деле, конечно, никакие понятия, придуманные под сиюминутную необходимость, не решали задачи. Опыт привел к использованию понятий, обладающих реальным лингвистическим смыслом; эти понятия были существенно уточнены по сравнению с традиционными, но, конечно, не порывали с прежним лингвистическим опытом, а развивали его. Однако описание задачи анализа или перевода текста на основе этих понятий уже не выглядело как непосредственно заданный алгоритм, хотя могло и содержать алгоритмические элементы.

В этих условиях перед математиками (или программистами) стояла задача выработки формального аппарата, способного представить в машине заданное лингвистами описание и преобразовать его в алгоритм (или построить общий алгоритм интерпретации лингвистического описания). Создание такого аппарата проходило в разных коллективах по-разному, инициатива могла исходить как от лингвистов (уже продвинувшихся в уточнении собственных понятий и усвоивших элементы дискретной математики), так и от математиков (частично обучившихся основам лингвистики и конкретным языкам). В каждой конкретной создававшейся системе учитывались не только лингвистические потребности, но и ограниченные возможности алгоритмизации и программирования, так что всегда имели место и сотрудничество, и компромиссы.

Удовлетворительного решения задачи автоматического перевода мы не имеем и сегодня. Теперь ясно, что в полном объеме ее и нельзя решить в отрыве от всего комплекса задач машинного представления знаний. Однако известны достаточно убедительные результаты, например, в переводе на синтаксическом уровне или в понимании машиной языка в рамках жестко ограниченной проблемной области.

В приведенном мной примере при хорошо налаженном сотрудничестве лингвисты, хотя и не пользуются персональной машиной (просто дело не дошло до таких машин), полностью являются хозяевами своей задачи, сами пишут свои правила на выработанном языке, испытывают их, анализируют ошибки и исправляют их. Они могут также высказывать программистам пожелания относительно модификации используемой системы. В целом взаимодействие носит тот же характер, что и в примере Г.Р. Громова, и можно считать, что основные фазы описанного им технологического цикла взаимодействия сохраняют силу. В обоих случаях происходит полное исключение программистов из стандартного цикла решения задач на ЭВМ, но теперь вместо составления каждой конкретной программы программисты занимаются общей организацией взаимодействия специалиста с машиной. Различие между двумя случаями в том, что для лингвистов были выработаны специальная модель проблемной области и ориентированный на нее язык, приближенные к лингвистическим понятиям, в то время, как микробиологам пришлось пользоваться в качестве основы случайно попавшим в руки языком. К тому же Бейсик, как и все традиционные языки, создан в расчете в первую очередь на программирование формульных вычислений, т.е. на уже математизированные знания, а не на освоение новых областей.

Заметим, что разнообразные ориентированные на пользователя системы автоматизации конторской работы (например, те, что описывает Дж.Мартин в уже упомянутой книге) также ориентированы на понятия пользователя и удобный для него способ взаимодействия с машиной. Возможно, существующие системы недостаточно открыты для развития силами пользователей, а также не приспособлены к взаимодействию с системами для специалистов других профессий (например, через общую базу данных) и с программами, написанными на традиционных языках программирования, но развитие в этом направлении вполне вероятно. Успехи в использовании таких систем позволяют предполагать, что этот путь обеспечения доступа специалистов к ЭВМ действительно перспективен. (Ранней формой таких проблемно-ориентированных систем являются пакеты прикладных программ.)

Иначе говоря, необходимо устранить разрыв между двумя типами программного обеспечения для персональных машин: замкнутыми системами, полностью приспособленными к задачам пользователя, но почти не дающими средств для самостоятельного программирования, и системами, ориентированными на программирование, но принуждающими мыслить в специфически машинных терминах. Специалиста нужно освободить от работы с такими техническими понятиями, как машинные слова, массивы и условные передачи управления и, может быть, даже от знаменитых «трех китов» структурного программирования («;», «if» и «while»), оставив за ним собственно интеллектуальное конструирование на основе объектов, имеющих смысл в его собственной предметной области. Программистские инструменты для создания таких систем можно найти (одним из возможных путей является использование систем типа Smalltalk 80). Трудность в отборе и уточнении объектов, задач и форм их представления, пригодных для конкретных проблемных областей.

Каким же образом можно обеспечить создание и развитие таких проблемно-ориентированных систем для самых разных специальностей? Одна сторона этого вопроса – это роль программистов в такой работе, требования к их квалификации, их инструментам, научные основы такой деятельности. Кроме той ситуации, когда программист тесно сотрудничает со специалистами и сам в значительной степени специализируется, возможен и другой путь, когда программисты самостоятельно прогнозируют возможные потребности специалистов и разрабатывают систему для них, еще не зная точно, кто ей воспользуется и найдет ли она широкое распространение. (Обращаясь к специалистам с прямым вопросом, чего они хотели бы, бессмысленно: они все равно не знают возможностей и в лучшем случае попросят о расширении какой-либо уже известной им системы, что на самом деле вовсе не лучшее решение.) Кстати, интересно, как можно охарактеризовать такую форму работы программистов с позиций разделения программирования на «контрактное» и «хозяйское»: здесь программируют не для себя, но и не по заказу; получается, так сказать, конфекцион вместо индивидуального пошива. На этом пути, конечно, вполне вероятны неудачи: не случайно говорят, что большая часть созданных прикладных пакетов не находит применения. Но этот путь, в общем, не бесплоден – распространенные языки программиро-

вания и операционные системы создавались именно в таком режиме.

Практика создания проблемно-ориентированных систем и средств взаимодействия с пользователем, пока не очень обширная, несомненно потребует и обобщения, и теоретического осмысления. Среди учитываемых здесь факторов нужно выделить, с одной стороны, когнитивные, связанные с возможной структурой системы понятий в проблемной области и способами установления соответствий между этими структурами и уже освоенными программированием машинно-ориентированными структурами, с другой стороны, психологические факторы, связанные с удобством для пользователя выбранных форм его взаимодействия с системой, с выбором способов представления информации, вводимой и воспринимаемой пользователем, с производительностью его труда при работе с системой. Эта область пока еще мало исследована. Могу сослаться на свой опыт (мне приходилось заниматься построением проблемно-ориентированных систем не только для задач обработки текстов на естественном языке, но и для разнообразных задач меньшего масштаба): мне не раз приходилось обнаруживать, что для установления соответствий между системой понятий, естественной с точки зрения проблемной области, и обычными математическими или программистскими структурами требуются средства, довольно неочевидные, а порой и не укладывающиеся в рамки традиционного логико-математического подхода к описанию семантики проблемных областей. Видимо, предстоит сделать еще немало подобных открытий.

Другой вопрос, связанный с задачей создания проблемно-ориентированных систем для специалистов – это вопрос об участии самих специалистов в этой работе и необходимой для этого подготовке. Прямого ответа на этот вопрос, по-видимому, нельзя дать, потому что от специалиста здесь требуется формирование в своей области или хотя бы на ее малом участке стройной системы понятий, поддающейся отображению на средства вычислительной техники. Систематизация понятий в своей предметной области – это работа, требующая наивысшей научной квалификации. Однако можно ставить вопрос о повышении общего уровня подготовки специалиста в вопросах использования ЭВМ. Очевидно, ему необходимо понимание общих возможностей автоматической обработки информации и их ограничений, возможностей хранения информации и ее передачи между машинами, а также между человеком и машиной, общих количественных ограничений на возможности технических средств, общих форм структурирования программного обеспечения и расширения ранее построенных систем новыми средствами. Нужен, конечно, практический опыт в использовании и, возможно, расширении простых систем (хотя бы игровых). Если же говорить не о том специалисте, который разрабатывает новую систему (пилот-пользователь), а о том, который только использует средства, созданные его коллегами, то требования могут быть и ниже.

Эти соображения, очевидно, имеют близкое отношение к бурно обсуждаемому вопросу о содержании понятия всеобщей компьютерной грамотности и требованиях к учебным программам для школы и ликбеза. Существующий учебник информатики для 9-го класса подвергается критике за то, что он вместо обучения навыкам работы на реально существующих системах (т.е. практически – на Бейсике и на микрокалькуляторе «Электроника БЗ-34») предлагает общие понятия, используя «ненастоящий», «выдуманный» язык. С изложенной выше позиции даже предлагаемые в этом учебнике понятия структурного программирования могут оказаться слишком специальными для непрограммистов, хотя их общеобразовательная ценность не вызывает сомнений. Что же касается Бейсика, БЗ-34 и подобных средств, то, конечно, владение конкретным инструментом всегда полезно, однако вызывают серьезную тревогу попытки свести к этому все обучение использованию ЭВМ. Если оценивать их с точки зрения перспектив развития вычислительных средств, то эти навыки не имеют ничего общего с тем, что понадобится специалисту в будущем. Сегодняшняя их популярность в значительной степени стимулируется даже не их практической полезностью, а желанием поскорее отчитаться в решении актуальной задачи. Превращение программирования для БЗ-34 в своего рода спорт с погоней за мелочной экономией тактов уводит внимание от серьезных задач в сторону тех самых «реликтовых критериев», о которых пишет Г.Р. Громов.

К сожалению, представление, что такими элементарными средствами и исчерпывается вся суть программирования, поддерживается и некоторыми серьезными специалистами, которые по многолетнему опыту своей работы привыкли смотреть на программистов как на каких-то подсобных рабочих, не имеющих отношения к существу решаемых задач. Сегодня организации, следующие такому подходу, не могут эффективно использовать вычислительную технику, и не столько потому, что квалифицированный программист не станет задерживаться в такой организации, сколько потому, что специалист, относящийся к программисту таким образом, сам не сможет грамотно поставить перед ним задачу. Он не может оценить не только эффективность того или иного варианта или возможность использования ранее созданных средств, но и потребности в будущей модификации требуемой программы, которые могут возникнуть в процессе ее использования, необходимость учесть с самого начала в конструкции создаваемой программы ее сопряжение с другими средствами и многое другое. Он и не стремится к этому, полагая, что программист будет каждый раз делать все заново, а уважать его труд необязательно.

«Система Бейсик разрушает буквально на глазах глубоко укоренившийся миф о недоступности ЭВМ непосвященным» – пишет Г.Р. Громов. Не знаю, как насчет мифов, а самоуверенность непрофессионалов тоже не приносит пользы. Если я могу самостоятельно собрать детекторный приемник или привинтить ручку к телевизору, то я не стану претендовать на диплом радиотехника или тем более на конструирование радиолокационной системы для противовоздушной обороны. Если я смогу морально поддержать попавшего в беду знакомого, то это еще не основание считать себя психотерапевтом и широко предлагать свои услуги. Почему же к программированию подходят с другой меркой? Бейсик может создать иллюзию быстрого успеха, пока составляются совсем небольшие программы. Если специалисту ничего другого не нужно, то большой беды нет. Но хуже будет, если он начнет в таком же стиле писать большую систему. Не из-за того, что он не умеет писать эффектив-

но в смысле ресурсов машины, а просто он завязнет в ошибках и несоответствиях, как пресловутый динозавр в асфальтовом болоте. К сожалению, это все трудно объяснить при обучении, потому что обучение всегда начинается на простых примерах, а на них ничего не доказать. Тот, кто ранее обучился Бейсику, попытается направить решение любой учебной задачи на привычный путь и будет сопротивляться любому другому подходу. Остается только повторить, что лучше вместо Бейсика дать специалисту средства его уровня. Снова аналогия с бытовой радиоаппаратурой: она сейчас имеет достаточно много кнопок, индикаторов и соединительных шнуров со штекерами, но я не должен знать, сколько контактов включает и выключает нажимаемая мной кнопка и сколько проводов проходит внутри шнура, который я воспринимаю как одно целое.

Красной нитью через разделы книги Г.Р. Громова, посвященные автоформализации и науке программирования, проходят его весьма нелестные высказывания, адресованные профессиональному программированию и программистской науке. Профессиональное программирование он обвиняет в элитарности, в корпоративной позиции по отношению к реальным задачам, в приверженности безнадежно устаревшим критериям эффективности и элегантности программ, да и просто в торможении технического прогресса ради сохранения своих позиций. «Большую науку» программирования он сводит к поискам некоего «перпетуум мобиле», к погоне за утопической мечтой об автоматизации программирования на базе исходных спецификаций, отмечая практическую бесполезность этой задачи даже в случае ее гипотетического решения. Имея нескромность причислять себя как к профессии, так и к науке программирования, я не могу оставить без ответа подобные высказывания.

Если говорить о профессии программиста, то непонятно, чем она хуже любой другой профессии и почему за ней не признается право на использование понятий, не обязательно доступных другим специалистам, или на высокий уровень профессионального мастерства отдельных представителей этой профессии. Мне не приходилось слышать, чтобы обвинение в шаманстве и сокрытии профессиональных тайн адресовывалось выдающимся музыкантам, спортсменам или педагогам.

Насколько я могу судить, такое обвинение возникло не на отечественной почве, и в его истоках лежит, как мне кажется, нервная реакция западных промышленных менеджеров на неожиданное и необъяснимое в рамках их науки проявление индивидуальности наемного работника массового производства, на то, что оказалось невозможным механически заменить одного программиста другим, как рабочего на конвейере, а также что одни программисты могли превосходить других по производительности труда в десятки раз. Вместо того, чтобы по-деловому использовать это новое явление, и разработать организационные формы участия в работе наиболее способных программистов, предусматривающие для них адекватный участок работы, должные права и ответственность, а также вознаграждение, менеджеры стали отрешиваться от суперпрограммистов и даже рекомендовать избавляться от них, обрекая их разве что на роль компьютерных преступников. Иные менеджеры, как и некоторые их неумные последователи у нас, пытаются противопоставить шаманству программистов собственное шаманство, и, вероятно, скоро мы вместо обросшей бородой притчи о двух программах («Моей программе требуется только одна секунда на карту» – «Но ваша программа не работает») услышим ее новый вариант:

«Моя программа является промышленным продуктом, изготовленным по утвержденной в установленном порядке технологии» – «Зато моя программа работает».

Порой Г.Р. Громов ставит программистам в вину заблуждения, которые давно уже осознаны и преодолены серьезными профессионалами. Это относится как к обвинениям в ненужной погоне за эффективностью программ, так и к ссылке на высказывание В. Турского из его «Методологии программирования» на с.168 книги Г.Р. Громова. Замечание В. Турского – самокритичный анализ предшествующего опыта; осознание и критика своих ошибок – свидетельство здоровья и развития профессии, а не основание для огульного обвинения. Кстати, перед этим В. Турский замечает, как важно программисту осознавать решаемую задачу в целом, а не только программу, в то время, как пафос автоформализации по Г.Р. Громову в том, чтобы программист вообще не знал реальной задачи, а только писал бы программы внешних функций для Бейсика.

Для обвинения программистов в «корпоративной точке зрения», дающей право на пристрастный отбор решаемых задач, Г.Р. Громов не нашел другого свидетеля, кроме... Козьмы Пруtkова. Если какая-то задача «не созрела» до автоматизации, то это объективный факт, который означает, что над ней необходима дополнительная работа, в том числе с участием программистов. С объективным состоянием предлагаемой сферы применения приходится считаться не только в программировании. Известно, во что выливается поспешная математизация или кибернетизация неготовых к этому областей знания. Кроме того, «недозрелость» может иметь и другие корни: неудачи создания АСУ связаны не только с ошибочной установкой на создание жесткого, неизменного комплекса программ, но и с тем, что такие системы могли подорвать основы существования некоторой категории руководителей.

Что же касается стремления к эффективности программ, то от мелочной гонки за экономией машинных тактов программирование давно излечилось, и сегодня никакой серьезный профессионал не станет тратить силы на такую экономию, если только этого не требуют конкретные особенности задачи. Нужно, однако, заметить, что если бы сейчас вдруг эффективность всех существующих программ по времени и по памяти уменьшилась в несколько раз, то это пришлось бы компенсировать соответствующим увеличением производства всего необходимого оборудования. Если мы ссылаемся на прогресс технологии, ведущий к быстрому удешевлению оборудования, то невредно вспомнить про былую эйфорию «покорителей природы», забывших об ограниченности ее ресурсов. Кроме того, надо считаться и с конкретными условиями: могу вспомнить, как на одной дискуссии Г.Р. Громов, приведя данные о том, что в мире на одного программиста приходится 10 ЭВМ, не смог убедительно ответить на мой вопрос, где же мои десять машин. Нельзя не считаться и с ограничениями объема

оперативной и внешней памяти распространенных персональных машин.

Конечно, если прикладнику, заполучившему персональную ЭВМ, вольно использовать ее только для крошечных задач (по сравнению одного журналиста, купив большой чемодан, носить в нем зубную щетку), то он может полностью игнорировать эффективность. Но нельзя забывать, что он может позволить себе такую небрежность лишь потому, что его программа работает на базе профессионально созданного исходного программного обеспечения, и было бы гораздо хуже, если бы базовое обеспечение писалось столь же небрежно. Вообще, чем ниже уровень разрабатываемых средств в структурной иерархии программного обеспечения, тем большего внимания требует эффективность.

Достигать экономного использования машинных ресурсов за счет каждый раз особо придумываемых мелких трюков нереально по трудозатратам и неэффективно по результатам. Признанной альтернативой этому является выбор эффективных методов обработки распространенных типов данных и решения типичных задач (искусство программирования, по Д. Кнуту), дополненный рядом более частных приемов программирования, следование которым позволяет систематически добиваться приемлемого уровня эффективности. Владение такими средствами составляет необходимую часть профессионального умения программиста. Другая категория требований, предъявляемых к профессионально написанной программе, – это ее пригодность к использованию в других задачах или других условиях, к поиску и исправлению ошибок, к ее включению в коллективно разрабатываемую систему, к внесению необходимых переделок, к анализу на допустимость использования в каком-либо особом случае и т.п. Эти требования приводят к выработке соответствующего стиля программирования, требующего, в частности, четкости в выделении структурных единиц программы, осмысления их функций и сопряжений с другими единицами, правильного распределения функций между частями, минимизирующего сложность сопряжений, умелого использования ранее созданных средств.

Все эти требования к стилю программирования и лежат в основе сформировавшегося представления об эlegantности программы. Требование эlegantности является концентрированным выражением целесообразности, а не профессионального снобизма программистов.

Эlegantность – это, конечно, не единственное требование к программе. Программист обязан смотреть вперед и предвидеть будущее использование своей программы, ее модификацию, поиск и исправление имеющихся в ней ошибок (даже если в данный момент их присутствие представляется ему абсолютно невероятным). Внесение в программу необходимых пояснений и другие формы демонстрации ее внутренней структуры, введение проверок на ошибки, которые, казалось бы, невозможны, требует от программы определенной избыточности, которая не всегда согласуется с представлениями об эlegantности и к тому же замедляет текущую работу. Поэтому от программиста требуется определенная самодисциплина в разработке и оформлении программы. Есть и ряд других специфических требований, относящихся к личностным и интеллектуальным качествам, которые программист должен проявлять в своей профессиональной деятельности, даже если он не способен на это в своей повседневной жизни. Это, например, объективная требовательность к себе. Слова «у меня все правильно, но программа почему-то не работает» безошибочно выдают новичка. Программисту необходимо упорство в доведении работы до конечного результата. Он должен проявлять спокойствие и одновременно непримиримость по отношению к собственным ошибкам, должен всегда находить первопричину ошибки, а не довольствоваться случайным исчезновением ее внешних проявлений. В постановке задачи он должен уметь обобщать существующие потребности и учитывать будущие, не скатываясь однако к беспорядочному накоплению всяких дополнительных возможностей и трезво оценивая собственные ресурсы (ср. «эффект второй системы» по Ф. Бруксу). Он должен уметь становиться на место пользователя своей программы, понимать его потребности, не идя однако у него на поводу в выборе форм их удовлетворения и помогая ему лучше понять собственные проблемы. Для него важно умение видеть задачу одновременно на нескольких уровнях детализации. Все эти и многие другие требования образуют понятие профессионализма, культуры программирования. (Вопрос студента: культура программирования – это когда пишут строчки с разным отступом от края?)

Если же говорить об использовании в программировании количественных оценок времени и памяти только из-за того, что не видно других оценок, то стоит заметить, что сам поиск числовых оценок – это проблема не программиста, а его менеджера. Программист, конечно, знает, сколько места занимает его программа (особенно, если не хватает памяти), но он так же хорошо понимает, что оценивать его работу в байтах – это все равно, что планировать выпуск станков в тоннах. (Есть, хотя еще не получил широкого признания, количественный критерий, осмысленный для программиста. Он, в сущности, тот же, что и называемый Г.Р. Громовым критерий для микросхем – количество наружных выводов; для программы – это сложность ее сопряжения с внешним окружением, в частности, количество и типы параметров, используемых внешних файлов и т.п.) Попытки построить особую науку о программировании на базе численных оценок кажутся мне несерьезными: если измерение и установление численных закономерностей сыграли решающую роль в формировании современной физики или химии, то это еще не значит, что тот же путь будет успешным для программирования. В мире есть много ценностей, не выражающихся в числах.

И наконец, о «большой науке программирования» вместе с ее утопией автоматического синтеза программ. Не стоит отождествлять эту науку с «соответствующими научными школами, которые, достигнув достаточно высокого уровня в социальной структуре науки об ЭВМ, и определяют в настоящее время научный облик большой науки программирования», как написано в книге Г.Р. Громова, с.161. Не говорит этого и А.П. Ершов, на статью которого ссылается здесь Г.Р. Громов.

Наука программирования развивалась вместе с практическим программированием, систематизируя его

опыт и исследуя подсказанные им теоретические модели. Далеко не весь собранный опыт может быть выражен в научной форме: он часто передается в виде афоризмов, притч, анекдотов, заповедей, рассказов о конкретных случаях. Такой характер носят и многие переводные книги по разработке программного обеспечения (как мне показалось, для американской литературы вообще характерна подобная форма передачи жизненного опыта; вспомним давнюю книгу Д. Карнеги «Как приобретать друзей и влиять на людей»). Это знания, находящиеся, если можно так сказать, на преднаучной стадии.

Но многое собрано и в более четкой форме. Это большой запас разнообразных инженерных решений относительно организации данных и их представления в машине, эффективные алгоритмы для распространенных задач их обработки, согласованные с этими способами представления, опыт и инструменты проектирования универсальных и специализированных языков программирования и машинной реализации этих языков. Для тех, кто сомневается в прогрессе нашей науки, можно напомнить, что разработка трансляторов, которая в конце 50-х годов представляла собой уникальное научное усилие, теперь стала делом рядовой дипломной работы. Особенно важной частью накопленного опыта построения языков является выделение ряда форм членения программ на осмысленные части и описания сопряжений между ними. Это процедуры и передача параметров, элементарные операции структурного программирования, квазипараллельное выполнение и сопрограммы, структурные переходы и задание реакций на ошибки, пакеты процедур и абстрактные типы данных, логические спецификации программ и правила их преобразования, средства трансформации программ и макрогенерация, фреймы и синтез программ по вычислительным моделям, структуры баз данных и языки для обращения к ним, системы поддержки больших программных разработок, «окна» и объектно-ориентированная машинная графика, возвраты, демоны и прочие структуры управления для систем искусственного интеллекта, системы продукций, средства межпроцессорной связи и сетевые протоколы, семафоры и «рандеву», взаимная защита программ и пользователей и многое другое.

Все эти средства направлены не на эффективность реализации создаваемых программ, а на саму постановку задачи, на ее приближение к пользователю программы. Многие из этих средств в момент создания могли рассматриваться просто как удачные инженерные и научные находки, однако их устойчивость, повторение с несущественными различиями во многих системах дают основание думать, что за этим стоит нечто большее, а именно, какие-то реально существующие особенности организации человеческого знания и деятельности. Фактически именно они лежат в основе предмета науки программирования, и именно их мы постепенно познаем, обобщая опыт удачных инженерных решений, касающихся способов описания задачи. Модульность в программировании возникла не в подражание проектированию электронных схем, а как отражение модульности человеческого знания. Ничего немодульного мы просто не сможем придумать, а если мы даже преобразуем модульную программу в монолитную, то для нас все равно будет понятным ее исходное, модульное задание; исходная модульность программы может быть лишь затемнена ее неудачным представлением. Поэтому модуль для программирования в фундаментальном значении этого понятия нельзя отождествлять с частными формами модульности, определяемыми в конкретных системах программирования. Полное содержание понятия модуля в программировании пока не раскрыто.

Исторически наука программирования развивалась в первую очередь как математическая дисциплина и применялась в первую очередь к математическим областям знания. Это обеспечило программирование мощным математическим аппаратом, особенно полезным для описания структур объектов и построения алгоритмов решения на ЭВМ многих математических задач. Мы научились описывать как математические объекты не только обрабатываемые данные, но и сами программы, их преобразования, в том числе процесс трансляции. В реальных программистских разработках, как это естественно для любой прикладной области, строгий математический аппарат не употребляется в чистом виде, а иногда даже и не замечен снаружи. Но он образует прочный скелет используемых методов и к нему приходится вновь обращаться, как только покидаешь привычную рабочую среду.

Но с другой стороны – и это естественно для математической науки – математический аппарат стал развиваться и независимо от внешних задач, создавать собственные задачи и теории, которые могли и не иметь отношения к практическим потребностям. Так, теория формальных языков, первоначально давшая фундаментальные результаты, лежащие в основе как техники трансляции языков программирования, так и современных лингвистических теорий, исчерпала свой потенциал, уйдя в разнообразные обобщения и варианты, не отражающие ни потребностей программирования (разрабатывая новые языки, мы можем сознательно избегать синтаксических сложностей), ни тех явлений естественного языка, которые не укладываются в прежние формальные модели. Встречаются и другие работы, лишь по форме связанные с актуальными направлениями практического программирования.

Техника логического аннотирования и верификации программ вместе со своим теоретическим аппаратом возникла на основе применений программирования к математическим задачам, в которых только и имеет смысл понятие математического доказательства (не станем же мы всерьез доказывать о программе начисления премий, что она отвечает принципу социальной справедливости). Кроме того, предположения о практическом применении этой техники связаны с созданием аппарата поиска логического вывода, который бы позволял строить вывод по записи проверяемого утверждения. Удовлетворительных общих средств для решения такой задачи не предвидится. Если же, как иногда делается, расширить постановку задачи от верификации до синтеза программы по логической спецификации, то мы по существу потребуем системы, способной автоматически решать чуть ли не любую математическую задачу. Ясно, что рассчитывать на применение этой техники в такой

форме несерьезно, а ссылки на успехи таких работ на материале небольших примеров ничем не лучше восторгов новичка, впервые выдавшего на свой терминал слова «Здравствуй, Вася!» и решившего, что теперь он знает все программирование.

Роль теории и методов логической верификации и синтеза программ совсем иная. Научное значение этой теории в том, что она раскрывает соотношение между двумя фундаментальными формами знания: описательной и процедурной. (Но она не исчерпывает их взаимоотношения.) Прикладное ее значение (пока почти не реализованное) связано с тем, что и логические рассуждения, и элементарные операторы присутствуют почти в каждом шаге реально создаваемых программ, хотя программа в целом может быть основана на знаниях другого рода. И автоматизация подробного развертывания таких элементарных шагов на основе внешних спецификаций, и трансформация такой программы в процессе автоматизированной сборки из модулей потребуют использования всего запаса средств логической верификации и синтеза в сочетании со средствами трансформации. Мощные средства сборки и генерации программ обеспечат многократную используемость модулей, избавят от необходимости полного переписывания программ из-за частных изменений требований к ним или из-за переноса в новое окружение. В этой перспективе нет ничего утопического, хотя еще предстоит большая работа как по выделению необходимых для этого форм модулей, так и по развитию необходимого математического аппарата.

Возражения Г.Р. Громова, заявляющего о бесполезности автоматизации программирования в связи с тем, что оно, по новейшим данным, ответственно лишь за ничтожную часть затрат на разработку и сопровождение, неверны по двум причинам. Во-первых, он причисляет к программированию только кодирование программы на конкретном языке; выделение этого этапа несколько искусственно и связано, видимо, с необходимостью разделения труда между более квалифицированными работниками, разрабатывающими общую схему, представление информации и спецификации отдельных модулей, и менее квалифицированными кодировщиками. Разработка общей структуры программы тоже входит в сферу программирования, а в случае ее полной или частичной автоматизации будут сняты количественные ограничения, приводящие сегодня к отделению этой работы от кодирования. Кроме того, сейчас разрабатывается много средств, направленных специально на поддержку разработки структуры больших программных систем и автоматизацию многих этапов такой разработки. Во-вторых, даже при нынешнем соотношении между затратами на разные этапы затраты на кодирование и отладку на его уровне достаточно велики, и это обстоятельство удерживает руководителей разработки от многократного повторения этого этапа. Если бы этот этап сейчас уже был автоматизирован, можно было бы в пределах одной разработки быстро испытать много вариантов решений, принимаемых на более высоких уровнях, и выбрать лучший.

Неправ Г.Р. Громов и в том, что распространение персональных ЭВМ обесценивает прежние достижения программирования. В отношении техники программирования в узком смысле слова здесь как раз ничего не меняется, потому что по архитектуре новые машины весьма традиционны; более того, вновь вступают в силу забытые было методы экономии памяти и тактов. То же можно сказать и о программировании для микропроцессоров, встроенных в технические средства, где относительно новыми являются лишь требования параллелизма и реального времени. Изменения происходят в совсем другом: меняется круг задач и круг пользователей, меняются приоритеты критериев, основанных на экономических оценках, и типовые решения, основанные на таких приоритетах, резко увеличивается потребность в производстве программного обеспечения. Это может привести к пересмотру организационных и некоторых инженерных решений, но не основ науки. Кстати, аналогичный «скандал в благородном семействе» назревает и в разработке языков программирования, где потребности сместились с обеспечения разработки полнокомплектных программ достаточно большого размера к созданию достаточно малых модулей, где интерфейс по размеру едва ли не больше тела модуля и потому совсем иной характер принимают требования к синтаксису. Успех ряда совсем небольших по определению языков на фоне таких гигантов, как Ада, возможно, связан с этим обстоятельством. Это может изменить традиции разработки и использования языков, обесценить какие-либо конкретные разработки, но, конечно, не разрушит основ науки программирования, которой, по большому счету, надлежит даже предвидеть такие явления.

Можно еще заметить, что с распространением персональных ЭВМ не утрачивает силу и старая мечта об общественных вычислительных системах, к которым будут подключаться индивидуальные терминалы. Ведь рано или поздно встанет вопрос о подключении персональных машин к большим информационным системам, так что разница будет лишь в том, что связь с большой системой потребует не при каждом нажатии кнопки на терминале.

Так что рано списывать «большую науку программирования» в утиль или выставлять ее представителей как людей, тормозящих технический прогресс. Встречаются высказывания некоторых очень заслуженных теоретиков, исключающие из науки все, кроме их узкой области, но на науку нельзя возлагать ответственность за это. И конечно, программирование – это не чисто математическая наука; даже пользуясь развитым математическим аппаратом, она применяет иные критерии ценности результатов. Она объединяет разнообразные аспекты рассмотрения своих объектов: от фундаментально-научных и инженерных до когнитивно-лингвистических, психологических и социальных. Это относится как к информатике в целом, так и к программированию – ее части, рассматривающей информационную продукцию в отличие от материальной.

Я готов вместе с Г.Р. Громовым пожелать доброго пути энтузиастам, которые, вооружившись вычислительной машиной, смело отправляются в поиск по научной целине. Только зачем же босиком? (Простите, Бейсиком.) Мы вполне можем их обути. А может быть, и вездеход сообразим...

Как понимал информатику академик Андрей Петрович Ершов

Черный Ю.Ю.

Институт научной информации по общественным наукам РАН

On Notion of Informatics in Works of Academician Ershov

Chiorny Yu.

Institute of Scientific Information for Social Sciences of the Russian Academy of Science

*Я знание добывал из потаенных мест,
Чтоб человек был жив не только хлебом.
Но сам не ведаю, неся свой тяжкий крест:
Распнут меня иль вознесут на небо?..*
А.П. Ершов. Неведенье (январь 1983 г.).

Введение

Реконструкция взглядов академика А.П. Ершова на информатику представляет не только историко-научный интерес, но и имеет прямое отношение к проблемам сегодняшнего дня. Как и четверть века назад, мы нуждаемся в ответах на вопросы, что такое информатика, каковы объект и предмет ее исследования, из каких разделов она состоит.

Настоящая статья не претендует на полноту рассмотрения темы. Ее цели скромнее и состоят в том, чтобы: 1) среди множества научных работ А.П. Ершова попытаться очертить круг источников, в которых речь идет об информатике; 2) наметить концептуальную схему эволюции взглядов А.П. Ершова; 3) рассмотреть идеи ученого в более широком контексте и выделить проблемные узлы, требующие внимания и дальнейшего обсуждения.

Источниковой базой исследования являются документы, размещенные в электронном Архиве академика А.П. Ершова¹.

Основные этапы эволюции воззрений А.П. Ершова на информатику можно представить следующим образом: 1) институционализация информатики в рамках Вычислительного центра СО АН СССР (1971–1976 гг.); 2) полемика с «информационной» информатикой, утверждение нового значения информатики в качестве науки о вычислительных машинах и их применении в масштабе СССР, разработка проблем школьной информатики (1976–1983 гг.); 3) проект интегральной информатики как фундаментальной естественной науки об информационных процессах и дальнейшая реализация программы школьной информатики (1983–1988 гг.).

Такая схема несколько условна, поскольку, как мы увидим далее, ряд идей, относящиеся к третьему периоду, будут высказаны ранее.

Перейдем к рассмотрению выделенных этапов. Но сначала ответим на вопрос, как обстояло дело с информатикой до 1971 г.

Была ли информатика до информатики? (1955–1971 гг.)

В архиве академика А.П. Ершова имеются две рукописи, датированные 1980 и 1981 гг. Одна из них называется «25 лет информатики в ВЦ СО АН СССР»², другая – «Материалы к истории СО АН СССР (информатика)»³.

«Информатика, – указывается в первой работе, – одно из тех научных направлений, которые развивались в Сибирском отделении АН СССР с первых его шагов. Уже летом 1957 года член-корреспондент АН СССР А.П. Ершов, тогда еще аспирант МГУ, начал по призыву академика С.Л. Соболева предпринимать первые усилия по формированию коллектива программистов в будущем Институте математики с вычислительным центром. Сейчас информатика представлена в СО АН СССР и примыкающих к нему коллективах крупной научно-педагогической школой, насчитывающей более 500 специалистов, обладающей международной известностью и занимающей ведущие позиции в отечественной вычислительной науке»⁴.

Если воспринимать текст буквально, может сложиться впечатление, что информатика существовала в СО АН СССР уже с конца 1950-х гг. Однако это не так. Правильнее следовало бы сказать, что с конца 1950-х гг. сложилось направление исследований, которое лишь впоследствии было названо информатикой. Кстати, до 1971 г. – времени создания Отделения информатики в рамках ВЦ СО АН СССР – это слово не встречается ни в одном научном труде А.П. Ершова.

В работах 1966–1970-х гг. обнаруживаются иные термины – «вычислительное дело», «программирование»

¹ Архив академика А.П. Ершова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ershov.ras.ru/russian>

² Ершов А.П. 25 лет информатики в ВЦ СО АН СССР. Рукопись от 22-26.04.80 // Архив академика А.П. Ершова [Электронный ресурс]. Папка 198. Л. 47-51. – Режим доступа: <http://ershov.iis.nsk.su/archive>. Рукопись была опубликована в 2006 г. См.: Андрей Петрович Ершов – ученый и человек. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. – С. 36-38.

³ Ершов А.П. Материалы к истории СО АН СССР (информатика). Статья для сборника к 25-летию СО АН СССР.13.04.81 // Архив академика А.П. Ершова [Электронный ресурс]. Папка 198. Л. 60–77. – Режим доступа: <http://ershov.iis.nsk.su/archive>

⁴ Ершов А.П. 25 лет информатики в ВЦ СО АН СССР. Рукопись от 22-26.04.80 // Архив академика А.П. Ершова [Электронный ресурс]. Папка 198. Л. 53-59. – Режим доступа: <http://ershov.iis.nsk.su/archive>

и «теория программирования». Например, представленный в виде монографии знаменитый отчет о поездке в США на III Конгресс IFIP в 1965 г. называется «*Вычислительное дело в США*» (1966). Среди других публикаций этого периода можно упомянуть статьи «*О формализации понятия программы (совм. с А.А. Ляпуновым)*» (1967), «*Алгоритмические языки программирования*» (1968), «*Алгоритмические языки и программирование (совм. с В.Н. Редько, М.Р. Шурой-Бурой, Е.Л. Ющенко)*» (1970), «*Программирование за рубежом*» (1970) и «*ЭВМ – комплекс проблем (совм. с Г.И. Марчуком)*» (1970).

Институционализация информатики в рамках Вычислительного центра СО АН СССР (1971-1976 гг.)

В 1971 г. происходит реорганизация ВЦ СО АН СССР, в рамках которой Отдел программирования преобразуется в Отделение информатики. В документе под названием «*Структура Вычислительного центра СО АН СССР на 22 апреля 1971 г.*»⁵ указывается, что ВЦ состоит из следующих четырех отделений: 1) Отделение физики атмосферы и океана (зав. – ак. Г.И. Марчук); 2) Отделение математических задач геофизики и геологии (зав. – чл.-к. М.М. Лаврентьев); 3) Отделение механики сплошных сред (зав. – ак. Н.Н. Яненко); 4) Отделение информатики (зав. – чл.-к. А.П. Ершов).

Само Отделение информатики состоит из пяти лабораторий и одной группы: а) лаборатория теоретического программирования (зав. – чл.-к. А.П. Ершов); б) лаборатория систем программирования (зав. к.ф.-м.н. И.В. Поттосин); в) лаборатория автоматизации построения алгоритмов (зав. – к.ф.-м.н. В.П. Ильин); г) лаборатория оптимальной разработки экспериментальных данных (зав. – д.т.н. Ю.П. Дробышев); д) лаборатория систем экономической информации (зав. – к.э.н. И.М. Бобко); е) группа структурной теории автоматов (зав. – к.т.н. А.К. Романов).

Нам не удалось встретить в документах обоснования использования А.П. Ершовым термина «информатика» в качестве названия нового отделения. Не менее странным представляется и то, что в дальнейших работах 1971–1975 гг. слово «информатика» также не встречается. Речь идет о таких статьях, как «*О человеческом и эстетическом факторах в программировании*» (1972), «*Теория программирования и вычислительные системы*» (1972), «*Предмет теоретического программирования*» (1972), «*Программирование в 80-х годах*» (1974), «*Программирование на Конгрессе ИФИП-74*» (1974) и «*Программирование*» в 21-м томе 3-го издания «*Большой советской энциклопедии*» (1975).

• **Проблемный узел 1. Какими мотивами руководствуется А.П. Ершов, выбирая в 1971 г. термин «информатика» для названия нового отделения ВЦ СО АН СССР? Как он понимает значение этого термина? Почему в работах 1971-1976 гг. он продолжает говорить исключительно о программировании?**

Полемика с «информационной» информатикой, утверждение нового значения информатики в качестве науки о вычислительных машинах и их применении в масштабе СССР, разработка проблем школьной информатики (1976-1983 гг.)

В 1976 году в московском издательстве «Мир» под редакцией А.П. Ершова выходит в свет русский перевод учебника профессоров из ФРГ Ф.Л. Бауэра и Г. Гооза «*Информатика. Вводный курс*»⁶. Переводчиком этой работы стал сотрудник Отделения информатики ВЦ СО АН СССР В.К. Сабельфельд. Впервые свои взгляды на информатику А.П. Ершов выразил в предисловии редактора перевода. Прочитируем, а затем и прокомментируем его слова.

«Авторы книги в своем предисловии объясняют по-своему, т.е. для немецкоязычных читателей, содержание понятия “*Informatik*”, взятого ими для названия их труда. И хотя переводчик и редактор согласны с авторами в выборе слова, сохранение его в русском переводе требует некоторого пояснения.

Отправляясь от содержания книги, мы могли бы с определенностью сказать, что имеем дело с учебником по программированию задач обработки информации для ЭВМ с помощью алгоритмических языков. Казалось бы, что при такой характеристике содержания, можно было бы озаглавить русский перевод как «*введение в программирование*». Такой перевод, однако, дезориентировал бы читателя, т.к. данный учебник по содержанию гораздо шире существовавших до сих пор на русском языке книг с аналогичными заголовками. Кроме того, такая, чересчур прагматическая, подмена названия игнорировала бы стремление авторов внедрить в сознание читателя получающий все большее распространение термин, объединяющий весьма разные стороны программирования и использования ЭВМ, а также методов их конструирования и разработки их программного обеспечения.

Можно было бы и не тратить слов на объяснение перевода названия, если бы не «перехват» термина, осуществленный лет 10 назад специалистами по документалистике и информационно-поисковым системам. Редактор имеет в виду книгу А.И. Михайлова и А.И. Черного «*Основы информатики*» (М., «Наука», 1968), в которой описывались методы указанной выше и существенно более узкой области применения ЭВМ. Однако, хотя указанная книга и получила довольно широкое распространение, в последующих работах употребление слова «информатика» в этом, более узком смысле, было не столь частым. В связи с этим переводчик и редактор сочли более полезным воспоследовать установившейся традиции европейских языков сохранять научные термины, основанные на латинских словах, ограничиваясь их транслитерацией в алфавит национального языка»⁷.

⁵ Структура Вычислительного центра СО АН СССР на 22 апреля 1971 г. // Архив академика А.П. Ершова [Электронный ресурс]. Папка 542. Дела ВЦ СО АН СССР. Л. 338-341. – Режим доступа: <http://ershov.iis.nsk.su/archive>

⁶ Бауэр Ф.Л., Гооз Г. Информатика. Вводный курс. Пер. с нем. В.К. Сабельфельда / Под ред. А.П. Ершова. – М.: Мир, 1976. – 484 с.

⁷ Ершов А.П. Предисловие редактора перевода // Бауэр Ф.Л., Гооз Г. Информатика. Вводный курс. – М.: Мир, 1976. – С. 5 // Архив академика А.П. Ершова [Электронный ресурс]. Папка 531. Разное, 1976 г. Л. 170-171. – Режим доступа: <http://ershov.iis.nsk.su/archive>

Заслуживают внимания слова А.П. Ершова о стремлении авторов книги «внедрить в сознание читателей получающий все большее распространение термин...». В связи с этим рассмотрим, как Ф.Л. Бауэр и Г. Гооз понимали слово “Informatik”.

«Informatik – отмечали они, – это немецкое название для computer science – области знания, которая сложилась в самостоятельную научную дисциплину в шестидесятые годы, прежде всего в США, а также в Великобритании. В последнее время изучение информатики в ФРГ находится на быстром подъеме, чему в немалой степени способствует Федеральное министерство образования и науки»⁸. И далее: «Информатика – молодая наука. Прежде всего, что касается самого названия, то на немецком языке слово “Informatik” в данном контексте было впервые употреблено в июле 1968 г. федеральным министром Г. Штольтенбергом по случаю открытия одной научной конференции в Западном Берлине, а незадолго до этого слово «информатика» возникло во французском. Со временем в голландском языке вошло в употребление слово «informatika», в итальянском – «informatica», в польском – «informatyka», в русском – «информатика», в испанском – «informatica». В английском языке, по-видимому, останется «computer science» (вычислительная наука), причем этот термин имеет уклон в области теории»⁹.

Таким образом, Ф.Л. Бауэр и Г. Гооз говорят об информатике как о немецкоязычном аналоге “computer science”. А как понимали информатику специалисты Всероссийского института научной и технической информации АН СССР – авторы книги 1968 г. «Основы информатики» (кстати, среди них А.П. Ершов забывает упомянуть еще одного человека – Р.С. Гиляревского)? Обратимся к важнейшей для понимания сути вопроса статье А.И. Михайлова, А.И. Черного и Р.С. Гиляревского «Информатика – новое название науки о научной информации», опубликованной в конце 1966 г.¹⁰

«Появление новой научной дисциплины, именуемой «документацией», «документалистикой», «научной информацией», «теорией научной информации», «информационной наукой» (information science) и т.д., – указывается в статье, – в настоящее время является общепризнанным фактором, оспаривать который не будет ни один серьезный исследователь. Эта новая научная дисциплина возникла в ответ на все увеличивающуюся общественную потребность в обеспечении эффективных методов и средств для сбора, обработки, хранения, поиска и распространения научной информации»¹¹. Авторы рассматривают различные обозначения этой дисциплины как за рубежом, так и в СССР и делают вывод о том, что «из двух терминов («документ» и «информация»), на основе которых можно образовать название новой дисциплины, более предпочтительным является второй. Из возможных сочетаний данной основы с суффиксами и окончаниями «-ия», «-логия», «-ведение», «-знание», «-ика» было выбрано последнее, т.е. «-ика» («информат-ика»). Следует отметить, что в последние годы этот способ является наиболее продуктивным для образования обозначений новых научных дисциплин. Термины «кибернетика», «бионика», «семиотика», «космонавтика» образованы именно таким образом»¹².

В статье упоминается имя французского специалиста в области вычислительной техники и программирования Ф. Дрейфуса, предложившего в 1962 г. использовать термин «информатика» в 1962 г. в значении, связанном с вычислительными машинами¹³. Однако вряд ли корректно говорить о «перехвате» авторами термина у Ф. Дрейфуса. А.И. Михайлов, А.И. Черный и Р.С. Гиляревский образовали понятие «информатика», присоединяя суффикс «ик» к латинскому корню, а не соединяя, как Ф. Дрейфус, части слов «информация» и «автоматика» (Informatique = INFORmation + autoMATIQUE). Кстати, в 1966 г. термин «информатика» в СССР еще не был «занят», поэтому действия сотрудников ВИНТИ представляются оправданными. К сожалению, того же самого нельзя сказать об А.П. Ершове, который в предисловии редактора перевода ввел термин «информатика» в новом значении, несмотря на уже установившуюся традицию в отечественной науке¹⁴.

А.П. Ершов не видел или по каким-то причинам не хотел принимать во внимание тот факт, что information science (она же – science de l’information – на французском и Informationswissenschaft на немецком) и computer science (informatique на французском и Informatik на немецком) – две совершенно разные дисциплины. Однако факт остается фактом: с 1976 г. в нашей стране стали существовать две информатики – «информационная» и «вычислительная». Важно отметить, что традиция, заложенная в 1960-х гг. сотрудниками ВИНТИ, никогда не прерывалась и продолжает успешно развиваться. Достаточно упомянуть выходящий 12 раз в год сводный том

⁸ Бауэр Ф.Л., Гооз Г. Информатика. Вводный курс. – М.: Мир, 1976. – С. 7.

⁹ Там же. – С. 437.

¹⁰ Михайлов А.И., Черный А.И., Гиляревский Р.С. Информатика – новое название теории научной информации // Научно-техническая информация. – М., 1966. – № 12. – С. 35-39.

¹¹ Там же. – С. 35.

¹² Там же. – С. 38.

¹³ Dreyfus Ph. L’informatique // Gestion. – 1962. – Vol. 5. – Juin. – P. 240-241.

¹⁴ Помимо упомянутых работ здесь следует назвать статьи А.И. Михайлова, А.И. Черного и Р.С. Гиляревского «Развитие информатики в СССР» (Научно-техническая информация. Сер. 2. – М., 1967. – № 12. – С. 35-39), «Информатика: ее предмет и методы» (Теоретические проблемы информатики. МФД 435. (Международная федерация по документации. Комитет по исследованию теоретических основ информатики). – М.: ВИНТИ, 1968. – С. 7-25), «Информатика» (Большая советская энциклопедия: В 30 т. / Гл. ред. А.М. Прохоров. Изд. 3-е. – М.: Советская энциклопедия, 1972. – Т. 10. – С. 348-350), «Словарь терминов по информатике на русском и английском языках» (Жданова Г.С., Колобородова Е.С., Полушкин В.А., Черный А.И. Словарь терминов по информатике на русском и английском языках. – М.: Наука, 1971. – 359 с.), «Терминологический словарь по информатике» на 14 языках – русском, болгарском, венгерском, испанском, македонском, немецком, польском, румынском, сербскохорватском, словацком, словенском, чешском, английском и французском (Терминологический словарь по информатике [на 14 языках]. – М.: МЦНТИ, 1975. – 752 с.), монографию Р.С. Гиляревского «Информатика и библиотековедение. Общие тенденции в развитии и преподавании» (М.: Наука, 1974. – 202 с.) и, наконец, третью совместную монографию А.И. Михайлова, А.И. Черного и Р.С. Гиляревского «Научные коммуникации и информатика» (М.: Наука, 1976. – 456 с.).

59 «Информатика» реферативного журнала ВИНТИ РАН¹⁵, коллективные монографии «Инфосфера»¹⁶ и «Информатика как наука об информации»¹⁷, книгу П. Отле «Библиотека, библиография, документация: Избранные труды пионера информатики»¹⁸, статью Р.С. Гиляревского «Информатика» в «Библиотечной энциклопедии»¹⁹.

В дальнейших работах А.П. Ершова 1976–1977 гг. – препринтах «Становление программирования в СССР: Начальное развитие (совм. с М.Р. Шурой-Бурой)» (1976), «Становление программирования в СССР: Переход ко второму поколению языков и машин (совм. с М.Р. Шурой-Бурой)» (1976), тезисах доклада «Эволюция языков программирования (совм. с С.Б. Покровским)» (1976), статье «Программирование в СССР: достижения и задачи» (1977) слово «информатика» тоже не встречается. Здесь А.П. Ершов по-прежнему продолжает говорить о программировании.

• **Проблемный узел 2. Почему А.П. Ершов, введя в 1976 г. в научной печати термин «информатика» в новом значении, не инициировал научную дискуссию с представителями ВИНТИ АН СССР? Почему он ограничился полемикой в предисловии редактора перевода к книге Ф.Л. Бауэра и Г. Гооза?**

Термин «информатика» снова встречается лишь в тексте позиционного выступления на панельной дискуссии «Многообразие в вычислительной науке» (8 сентября 1977 года, Татранска Ломница, Чехословакия).

Это выступление интересно по ряду причин. Во-первых, в нем А.П. Ершов подтверждает тот факт, что термин «информатика» в расширенном смысле соответствует английскому слову «computer science». Во-вторых, анализируя с достаточно общих позиций проблему многообразия в информатике, он предвосхищает программу информатики как интегральной науки об информационных процессах. С этой программой он выступит позднее – в 1983–1984 гг.

«Я верю, – говорит А.П. Ершов, – что концепции информации и обработки информации – это центральные концепции информатики, а категория информации является столь же универсальной научной и философской категорией, как материя и энергия. Принимая этот тезис, мы должны согласиться далее с тем, что предметная область информатики существенно более сложна, нежели предметная область большинства математизированных дисциплин. Таким образом, имея за собой информационную модель мира и вселенной, информатика является внутренне многообразной. Этот главный источник многообразия актуализируется во многих более частных сторонах информатики /.../

Наиболее грандиозной системой обработки информации в мире является сам человек. Изучая его системные компоненты и его средства обработки информации, мы тем самым помещаем информатику в величайшую рекурсивную петлю науки, расширяя, таким образом, ее многообразие почти беспредельно.

В этом, можно сказать, гносеологическом многообразии информатики нет ничего плохого. Наоборот, это богатство, незамкнутость информатики придают ей оттенок загадочности, делают ее захватывающей и вездесущей наукой.

Сказанное, однако, не означает, что информатика – это полностью синтетическая наука или мета-наука. Я глубоко верю в существование фундаментальных законов обработки информации, которые станут объективным базисом информатики и сделают ее более стройной наукой.

Мы сейчас очень далеки от такого состояния зрелости нашей науки, но в поисках ее мы должны преодолевать «скверное» многообразие в информатике и улучшать стиль наших исследований»²⁰.

А.П. Ершов предлагает эффективное средство преодоления разнообразия в информатике, когда «почти любой активный информатик приносит на страницы журналов свою модель, свою терминологию и свои собственные проблемы»²¹. Оно состоит в том, чтобы «концентрировать работу на решении задач, при этом задач, выдвинутых кем-то другим. Это почти автоматически решает все: вы никогда не возьметесь решать чужую задачу, если она вам не интересна или если она не является знаменитой задачей; вы не сможете поставить для других свою задачу, если не выразите ее в общепринятой терминологии; ваше решение не будет понятно, если не будет найдено в рамках общей модели; если же вы изобретете вашу собственную технику, решение знаменитой проблемы автоматически оправдывает ее изобретение»²². Еще одной важной задачей, стоящей перед специалистами в области информатики, является выработка хорошего математического стиля. Здесь, по А.П. Ершову, необходимо явное и систематическое изучение оснований математики. Заслуживают пристального внимания слова автора о том, что информатик работает в «поверхностном слое» взаимодействия математики со внешним миром²³.

¹⁵ Издаётся с 1967 г. До 1970 г. выходил под названием «Научная и техническая информация».

¹⁶ Инфосфера: Информационные структуры, системы и процессы в науке и обществе / Арский Ю.М., Гиляревский Р.С., Туров И.С., Черный А.И. – М.: ВИНТИ, 1996. – 489 с.

¹⁷ Информатика как наука об информации: Информационный, документальный, технологический, экономический, социальный и организационный аспекты / Р.С. Гиляревский, И.И. Родионов, Г.З. Залаев, В.А. Цветкова, А.А. Калинин; под ред. Р.С. Гиляревского; авт.-сост. В.А. Цветкова. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2006. – 592 с.

¹⁸ Отле П. Библиотека, библиография, документация: Избранные труды пионера информатики / Рос. гос. б-ка; Пер. с англ. и фр. Р.С. Гиляревского и др.; Предисл., сост., коммент. Р.С. Гиляревского. – М.: ФАИР-ПРЕСС, Пашков дом, 2004. – 350 с.

¹⁹ Гиляревский Р.С. Информатика // Библиотечная энциклопедия / Рос. гос. б-ка. – М.: Пашков дом, 2007. – С. 416–417.

²⁰ Ершов А.П. Текст позиционного выступления на панельной дискуссии «Многообразие в вычислительной науке» (8 сентября 1977 года, Татранска Ломница, Чехословакия) // Архив академика А.П. Ершова [Электронный ресурс]. Папка 248. Командировка в Чехословакию (1977 г.). Л. 24–25. – Режим доступа: <http://erшов.iis.nsk.su/archive>. Выступление опубликовано на русском языке в 2006 г. См.: Андрей Петрович Ершов – ученый и человек. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. – С. 36–38.

²¹ Там же. Л. 25.

²² Там же.

²³ Там же.

• Проблемный узел 3. По образцу какой науки А.П. Ершов предлагает строить информатику? Каково соотношение информатики и математики, информатики и естественных наук?

В 1977 г. происходит очередная реорганизация ВЦ СО АН СССР. Отделение информатики ликвидируется и вместо него создается Отдел информатики (зав. – чл.-к. А.П. Ершов). Отдел включает в себя две лаборатории: 1) лаборатория экспериментальной информатики (зав. – чл.-к. А.П. Ершов); 2) лаборатория искусственного интеллекта (зав. – А.С. Нариньяни).

В 1978 г. в издательстве «Мир» выходит в свет сборник задач и упражнений *Ф.Л. Бауэра, Р. Гнаца и У. Хилла «Информатика. Задачи и решения»*, дополняющий опубликованную на русском языке двумя годами ранее книгу Ф.Л. Бауэра и Г. Гооза «Информатика. Вводный курс». К этому изданию А.П. Ершов также пишет предисловие редактора перевода. Он отмечает, что «только с этим сборником курс информатики приобретает ту необходимую полноту и методическую замкнутость, которая характеризует хорошо поставленный учебный курс. /.../ Этот задачник тем самым подтверждает, что курс информатики, поставленный и успешно ведущийся в Мюнхенском техническом университете, действительно демонстрирует как необходимость, так и достижимость перехода преподавания основ программирования и ЭВМ на новый уровень, который характеризуется центральным положением этого курса в учебном плане, концептуальным подходом к изучению программирования, высокой интенсивностью учебного процесса и повышенной сложностью задач, предлагаемых на практикуме или семинарских занятиях»²⁴.

В статье «Зачем надо уметь программировать? (совм. с Г.А. Звенигородским)» (1979) предвосхищаются идеи будущей статьи «Программирование – вторая грамотность» (1981). Однако термин «информатика» здесь также не встречается.

С 1979 г. Отдел информатики ВЦ СО РАН начинает выпускать сборники научных трудов по информатике. Это издания «Новые задачи информатики» (1979), «Прикладные методы информатики» (1980), «Программное обеспечение задач информатики» (1982). К каждому из сборников А.П. Ершов пишет предисловие.

Текст первого из них начинается так: «Представленные в сборнике статьи при всей их разнородности объединяет одно – все они связаны с новыми применениями ЭВМ. К слову «новый» надо, конечно, относиться осторожно. Безусловно, эти задачи являются новыми для Вычислительного центра. Правильным, однако, будет и более общее наблюдение, а именно, что если расчетные инженерно-научные и экономические применения ЭВМ предопределяли облик вычислительного дела в 50-е и 60-е годы, то сейчас центр научной проблематики смещается в сторону обработки текстовой информации в широком смысле, а также массовых применений ЭВМ.

Вторым объединяющим фактором явилось то, что предлагаемые читателю статьи образуют первый «межпредметный» сборник, выпущенный новым подразделением Вычислительного центра – отделом информатики. Этот отдел в составе двух лабораторий – экспериментальной информатики и искусственного интеллекта – ведет исследования по направлениям, представленным в этом сборнике»²⁵.

Нельзя обойти вниманием и третье предисловие к сборнику 1982 г. Здесь А.П. Ершов признается в том, что в отличие от первых двух изданий не удалось соблюсти в расположении статей некоторую тематическую структуру. В результате авторов расположили просто по алфавиту. Но как только это было сделано, кажущийся беспорядок нашел свое объяснение:

«Вычислительная техника сейчас приобретает второе дыхание. Микропроцессорные системы, как те самые первые млекопитающие, ловко и незаметно заполняют те самые экологические ниши, охватывая одну за другой зоны влияния у динозавров, известных под названием “main frame”. Старая техника, однако, тоже не сдастся и через сети, терминалы и модификации стремится продлить свое существование. За эволюцией технической следует эволюция человеческая: появляется на порядок большее по численности поколение новых программистов, которые счастливо объединяют со своей молодостью зрелость избранной ими профессии, легко принимая в качестве прописных истин выстраданные находки своих предшественников»²⁶.

В 1979–1981 гг. выходят в свет две работы, посвященные школьной информатике. Это препринт А.П. Ершова, Г.А. Звенигородского и Ю.А. Первина «Школьная информатика (концепции, состояние, перспективы)» (1979) и статья А.П. Ершова «Работа со школьниками в области информатики. Опыт Сибирского отделения Академии наук СССР» (1981), опубликованная в журнале «Математика в школе». Остановимся подробнее на первой из них.

«Информатика в общеобразовательной средней школе, – указывается в аннотации, – явление, объективно обусловленное требованиями научно-технической революции. Обосновывается место информатики в системе образования и воспитания школьников. Рассмотрены различные виды обеспечения школьного учебного процесса,

²⁴ Ершов А.П. Предисловие редактора перевода // Бауэр Ф.Л., Гнац Р., Хилл У. Информатика. Задачи и решения. Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – С. 5-6 // Архив академика А.П. Ершова [Электронный ресурс]. Папка 205. Разное за 1977 г. Л. 40. – Режим доступа: <http://ershov.iis.nsk.su/archive>.

²⁵ Ершов А.П. Предисловие редактора // Новые задачи информатики: Сб. науч. тр. / Под ред. А.П. Ершова. – Новосибирск, 1979 // Архив академика А.П. Ершова [Электронный ресурс]. Папка 242. Разное (черновики статей, стенограмма вопросов и ответов, выступления на митинге и проч.). Поездка в Болгарию (июнь, 1979 г.) и отчет. Л. 217. – Режим доступа: <http://ershov.iis.nsk.su/archive>.

²⁶ Ершов А.П. Предисловие // Программное обеспечение задач информатики: Сб. науч. тр. / Под ред. А.П. Ершова. – Новосибирск, 1982. – С. 3-4 // Архив академика А.П. Ершова [Электронный ресурс]. Папка 234. 1982 год. Публикации. Дела. Л. 56. – Режим доступа: <http://ershov.iis.nsk.su/archive>.

акцентировано внимание на проблемах математического обеспечения»²⁷. Интересно, что в аннотации «информатика» впервые переводится на английский язык не как “computer science”, а как “informatics” (“The appearance of Informatics in the secondary school stems from the requirements of scientific and technological progress”²⁸).

Препринт состоит из двух разделов (часть I – «Обоснования», часть II – «Обеспечение») и производит впечатление добротного научно-методического результата, подводящего результаты многолетней деятельности и нацеленного на решение новых задач.

Внутренняя лаборатория направления «школьная информатика» приоткрывается в документе под названием «Справка о работах группы школьной информатики Вычислительного центра СО АН», датированном 5 января 1979 г. Здесь явно обнаруживается глобальная цель работы группы. В разделе «3. Дальнейшие перспективы» читаем:

«3.1. Математическое обеспечение

Ставится цель разработки больших распределенных баз данных и дедуктивных информационных систем, ориентированных на многоуровневую информационно-управляющую систему народного образования.

Над иерархией распределенных баз данных должны быть построены обучающие, контролирующие и управляющие системы.

3.2. Методическое обеспечение

Планируется подготовка школьных учебников по информатике для старшеклассников и комплексного учебника по математике, русскому языку и математике для младших классов.

Целесообразна подготовка монографии «Школьная информатика».

Необходима книга «Программирование для детей и родителей».

3.3. Практическая педагогическая работа

Глобальная цель – информатика в массовой общеобразовательной школе как средство воспитания основных общекультурных навыков, необходимых молодому человеку века НТР.

Основное средство – подготовка высококачественных курсов информатики во всех педагогических вузах страны»²⁹.

Однако вернемся к препринту «Школьная информатика (концепции, состояние, перспективы)». Часть I «Обоснования» включает в себя семь параграфов: 1) предмет школьной информатики; 2) образовательное значение курса информатики; 3) место информатики в средней школе; 4) информатика и внешкольная работа с детьми; 5) о походе к преподаванию основ программирования; 6) требования к языку начального обучения; 7) этапность внедрения школьного курса информатики.

Авторы работы определяют информатику как «науку о структуре информации и методах ее обработки на ЭВМ»³⁰, а школьную информатику – как ветвь информатики, занимающуюся «исследованием и разработкой программного, технического, учебно-методического и организационного обеспечения применения ЭВМ в школьном учебном процессе»³¹.

• Проблемный узел 4. Что обрабатывают ЭВМ – информацию или данные? Делают ли авторы различие между первым и вторым?

Проект интегральной информатики как фундаментальной естественной науки об информационных процессах и дальнейшая реализация программы школьной информатики (1983–1988 гг.)

3 марта 1983 г. Общее собрание АН СССР принимает решение о создании нового отделения – Отделения информатики, автоматизации и вычислительной техники (ОИВТА). Оно создается на базе четырех институтов АН СССР: Института прикладной математики им. М.В. Келдыша, Вычислительного центра, Института проблем передачи информации и Ленинградского института информатики и автоматизации³².

Инициатором создания нового отделения и его первым академиком-секретарем стал академик Е.П. Велихов³³. Член-корреспондент АН СССР А.П. Ершов вошел в состав образованного 24 ноября 1983 г. Организационного Бюро ОИВТА.

На мартовском собрании со вступительным словом к присутствующим обратился президент АН СССР академик А.П. Александров, затем с докладом «Об организации в АН СССР работ по информатике, вы-

²⁷ Ершов А.П., Звенигородский Г.А., Первин Ю.А. Школьная информатика (концепции, состояние, перспективы). – Новосибирск, 1979. – 51 с. – (Препр./ АН СССР, Сиб. отд-ние; ВЦ; № 152). – (Школьная информатика; Вып. I). – С. 2 // Архив академика А.П. Ершова [Электронный ресурс]. Папка 167. Прогноз по важнейшему направлению науки «Школьная информатика». Статьи, интервью. Л. 158. – Режим доступа: <http://ershov.iis.nsk.su/archive>.

²⁸ Там же.

²⁹ Справка о работах группы школьной информатики ВЦ СО АН СССР // Архив академика А.П. Ершова [Электронный ресурс]. Папка 244. Различные проблемы школьной информатики. Письма. Л. 42–43. – Режим доступа: <http://ershov.iis.nsk.su/archive>.

³⁰ Ершов А.П., Звенигородский Г.А., Первин Ю.А. Школьная информатика (концепции, состояние, перспективы). – Новосибирск, 1979. – 51 с. – (Препр./ АН СССР, Сиб. отд-ние; ВЦ; № 152). – (Школьная информатика; Вып. I). – С. 4 // Архив академика А.П. Ершова [Электронный ресурс]. Папка 167. Прогноз по важнейшему направлению науки «Школьная информатика». Статьи, интервью. Л. 158. – Режим доступа: <http://ershov.iis.nsk.su/archive>.

³¹ Там же. – С. 5.

³² Российская академия наук. Отделение нанотехнологий и информационных технологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://oivta.isa.ru>

³³ См.: Дубова Н., Левшин И. Время ОИВТА // Computerworld Россия. – М., 2000. – № 19 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/cw/2000/19/4868>

числительной технике и автоматизации» выступил вице-президент АН СССР академик Е.П. Велихов. После этого состоялась дискуссия о предмете информатики, в которой приняли участие академики Л.С. Понтрягин, А.Н. Тихонов, П.Н. Федосеев и А.А. Дородницын. К сожалению, представители «информационной» информатики из ВИНТИ АН СССР не были приглашены к участию в дискуссии.

Создание ОИВТА обнаружило, что предмет информатики должен быть определен более четко. В этой ситуации А.П. Ершов предлагает проект интегральной информатики как фундаментальной естественной науки об информационных процессах. Он выражает свои взгляды по этому вопросу главным образом в трех публикациях – статье «Предмет и понятие», опубликованной в газете «Наука в Сибири» 18 августа 1983 г.³⁴, письме в редакцию журнала «Вестник АН СССР» под названием «О предмете информатики» (1984 г., № 2)³⁵ и статье «Информатика: предмет и понятие» в сборнике «Кибернетика: становление информатики» (1984). Воспроизведем ход мысли А.П. Ершова по статье «О предмете информатики».

При обсуждении на Общем собрании АН СССР вопроса о названии нового отделения – Отделение информатики, вычислительной техники и автоматизации – второе и третье слова из триады разногласий не вызвали. За обеими в русском языке закрепились общепризнанные значения: совокупности технических средств (вычислительная техника) и определенной сферы применения этих средств (автоматизация). Споры касались лишь первого члена триады – слова «информатика». «Его смысл и сама правомерность его употребления в данном случае вызвали сомнения нескольких выступавших на собрании ученых»³⁶. А.П. Ершов высказывает предположение о том, что термин «информатика» должен стать связующим звеном между двумя другими членами триады, т.е. обозначать название науки, «снабжающей нас знаниями о применении вычислительной техники для нужд автоматизации»³⁷.

Далее следует важный фрагмент об истории введения термина «информатика» в русский язык. Прочитируем его полностью.

«Здесь уместно вспомнить, – пишет А.П. Ершов, – что, судя по всему, слово «информатика» вводилось в русский язык уже дважды. Один раз – как неологизм, построенный по законам латинского словообразования для обозначения научной дисциплины, связанной прежде всего с научно-технической информацией, а через нее – с другими системами накопления информации из печатных источников и документов. Другой раз – как калька с французского *informatique*, служащая для обозначения науки об ЭВМ и их применении и очень скоро превратившаяся в синоним английского *computer science* – «наука о вычислительной технике». Не будем пытаться устанавливать, какое из этих введений было первым: истории документов всегда предшествует некоторая «дописменная» история. Будем считать, что оба были более или менее одновременными (середина 60-х годов) и, уж во всяком случае, независимыми друг от друга. Лет десять оба эти словоупотребления словно не замечали друг друга, пока в 1976 г. не появился русский перевод книги Ф.Л. Бауэра и Г. Гооза «Введение в информатику», где как раз и был сделан шаг к тому новому толкованию термина, которое впоследствии и привело, как мы полагаем, к включению этого слова в название нового отделения»³⁸.

Далее автор высказывает мысль о том, что в контекст задач нового отделения нельзя ограничиться ни расширительным толкованием первого или второго сложившихся значений термина «информатика», ни их механическим объединением. «По существу, – полагает А.П. Ершов, – здесь этот термин снова – в третий раз – вводится в русский язык в новом и куда в более широком значении – как название *фундаментальной естественной науки, изучающей процессы передачи и обработки информации*. При таком толковании информатика оказывается более непосредственно связанной с философскими и общенаучными категориями, проясняется и ее место в кругу «традиционных» академических научных дисциплин»³⁹.

Указанное определение информатики нуждается в пояснениях.

Во-первых, информатика относится к разряду естественных дисциплин «в соответствии с принципом вторичности сознания и его атрибутов и с представлением о единстве обработки информации в искусственных, биологических и общественных системах»⁴⁰. Во-вторых, она относится к числу фундаментальных наук, поскольку это отражает «общенаучный характер понятия информации и процессов ее обработки»⁴¹. В самом деле, трактовка универсальных процессов отражения и познания как информационных процессов (т.е. информационный подход к познанию действительности) оказалась очень продуктивной. В физике, химии и механике уже давно применяются информационные модели путем введения представления о структурности материи и физических величин, описывающих различные структуры. Получает все более широкое распространение информационная трактовка биологических процессов.

По мнению А.П. Ершова, информация стала философской категорией и стала за последние десятилетия одной из активных «точек роста» всей философской науки: «Ее рассматривают как один из важнейших атрибутов материи, отражающий ее структуру. Понимание единой природы информации вслед за установлением

³⁴ Ершов А.П. Предмет и понятие // Наука в Сибири. – 1983. – 18 авг. – 32 (1113). – С. 4 // Архив академика А.П. Ершова [Электронный ресурс]. Папка 606. Становление Института систем информатики... Л. 340-341. – Режим доступа: <http://ershov.iis.nsk.su/archive>

³⁵ Ершов А.П. О предмете информатики // Вестник АН СССР. – 1984. – № 2. – С. 112-113 // Архив академика А.П. Ершова [Электронный ресурс]. Папка 267. Информатика. Л. 166-167. – Режим доступа: <http://ershov.iis.nsk.su/archive>

³⁶ Там же. – Л. 166.

³⁷ Там же.

³⁸ Там же.

³⁹ Там же. – Л. 167.

⁴⁰ Там же.

⁴¹ Там же.

единой природы вещества и энергии стало важным шагом к осознанию материального единства мира. Мы включаем в определение информатики как передачу, так и обработку информации для того, чтобы включить в предмет информатики изучение отношений между источником и получателем информации»⁴².

Частные науки должны создавать и обосновывать для информатики информационные модели того или иного фрагмента действительности. В информатике же рассматриваются методологические принципы построения таких моделей и манипулирования ими. Таким образом, именно информационная модель как абстракция второго порядка выступает в качестве средства сопряжения информатики с конкретными науками.

Понятие информационной модели близко к другому известному понятию – математической модели. И та и другая являются знаковыми системами. Не случайно именно ЭВМ и машинная обработка информации стали основой «рабочего» содержания информатики. Деятельность, связанная с программированием и машинным моделированием, стала первым примером, своего рода субстратом «чистой» постановки задач и «чистого» изучения способов обработки информации. «Наступит, однако, такой момент, – выражает надежду А.П. Ершов, – когда прогресс вычислительной техники и средств связи, систем искусственного интеллекта и робототехники вместе с развитием науки о человеке приведет к созданию исчерпывающей информационной модели высшей нервной деятельности, сознательного поведения. Тогда представления о единстве процессов обработки информации получат свое наиболее полное развитие»⁴³.

Проект интегральной информатики А.П. Ершова не был воспринят на уровне «большой Академии», где возобладало ее старое «аппаратное» понимание как науки об электронных вычислительных машинах и их применении. Кстати, в марте 2003 г. Отделение информатики, вычислительной техники и автоматизации РАН было преобразовано в Отделение информационных технологий и вычислительных систем. А в декабре 2007 г. оно получило новое наименование – Отделение нанотехнологий и информационных технологий. Таким образом, из названия отделения исчезло название самой науки – «информатика».

Однако идеи А.П. Ершова остались жить в Новосибирской школе информатики, а также оказали влияние на отдельных ученых, не принадлежавших к этой школе. Здесь нужно прежде всего упомянуть д.т.н. К.К. Колина, который под влиянием А.П. Ершова (их вторая и последняя встреча состоялась в Москве в конце 1984 г.) перешел на работу из военно-промышленного комплекса в систему АН СССР – первым заместителем директора Института проблем информатики. В 1990 г. он выдвинул трактовку информатики как комплексной научной проблемы, а несколько позднее – как фундаментальной науки и комплексного междисциплинарного направления⁴⁴.

Исходя из определений информатики, данных академиками А.П. Ершовым и Б.Н. Наумовым, а также проф. Ю.И. Шемакиным, К.К. Колин предложил считать ее наукой «о свойствах, законах, методах и средствах формирования, преобразования и распространения информации в природе и обществе, в том числе при помощи технических систем»⁴⁵. Это было смелым шагом в ситуации, когда информатика отождествлялась с вычислительной техникой и программированием. К.К. Колиным была предложена структура предметной области информатики по образцу кибернетики Н. Винера: 1) теоретическая информатика; 2) техническая информатика; 3) социальная информатика и 4) биологическая информатика⁴⁶. В 1995 г. к ним добавилась физическая информатика⁴⁷.

Взгляды А.П. Ершова на информатику менялись с течением времени. Если в 1983 г. он определял ее как знание, приводящее вычислительные машины в действие⁴⁸, в 1984 г. – как фундаментальную естественную науку, изучающую процессы передачи и обработки информации⁴⁹, то в 1985 г. – как науку «о законах и методах накопления, передачи и обработки информации – знаний, которые мы получаем»⁵⁰.

Наконец, в 1987 г. он писал: «Предметом информатики как науки является изучение законов, методов и способов накопления, передачи и обработки информации – прежде всего, с помощью электронных вычислительных машин. Общенаучное понятие информации, отражающее структуру материи, конкретизируется в информатике как *данные и знание*, в частности, в виде *моделей, алгоритмов и программ*.

Материнскими науками для информатики стали математика, кибернетика, системотехника, электроника, логика и лингвистика. Основными научными направлениями информатики в настоящее время являются теоретические основы *вычислительной техники*, статистическая *теория информации*, теория *математического моделирования и вычислительного эксперимента*, *алгоритмизация, программирование, искусственный интеллект и информатология*, изучающая процессы коммуникации и распространения информации в социальных системах»⁵¹.

⁴² Там же.

⁴³ Там же.

⁴⁴ См.: Колин К.К. О структуре научных исследований по комплексной проблеме «Информатика» // Социальная информатика: Сб. науч. тр. / Вышш. комс. школа при ЦК ВЛКСМ. – М., 1990. – С. 19-33; Еро же. Теоретические проблемы информатики. Т. 1. Актуальные философские проблемы информатики / Под общ. ред. К.И. Курбакова. – М.: КОС-ИНФ, 2009. – С. 29-53.

⁴⁵ Колин К.К. О структуре научных исследований по комплексной проблеме «Информатика» // Социальная информатика: Сб. науч. тр. / Вышш. комс. школа при ЦК ВЛКСМ. – М., 1990. – С. 23.

⁴⁶ Там же. – С. 24.

⁴⁷ Подробную реконструкцию трех различных версий отечественной информатики см. в нашей статье «Полисемия в науке: когда она вредна? (на примере информатики)» // Открытое образование. – М., 2010. – № 6. – С. 97-107.

⁴⁸ Ершов А.П. [Выступление на годовом Общем собрании Академии наук СССР] // Вестник АН СССР. – М., 1983. – № 6. – С. 24.

⁴⁹ Ершов А.П. О предмете информатики // Вестник АН СССР. – М., 1984. – № 2. – С. 112.

⁵⁰ Ершов А.П. ЭВМ в мире людей // Советская культура. – М., 1985. – 24 апр. – С. 3.

⁵¹ Союз информатики и вычислительной техники – на службу обществу. (Колонка редактора) // Микропроцессорные средства и системы. – М., 1987. – № 1. – С. 1.

Очевидно, под «информологией» А.П. Ершов понимает «информационную» информатику, которая с 1960-х гг. развивалась в ВИНТИ. Он включает ее в качестве составной части в собственный проект информатики. Но на наш взгляд, дело обстоит не так просто. «Информационная» информатика (information science) – это не естественная, а гуманитарная наука, которая понимает информацию как смысл, т.е. нечто идеальное. Этот вид информации не дан в природе как нечто объективное, существующее независимо от сознания человека, а как раз образуется в сознании индивида в ходе интерпретации данных. Трактующая таким образом информация не может быть фундаментальным свойством материи и не имеет, на наш взгляд, общих семантических признаков с трактовкой информации как структуры.

• **Проблемный узел 5. Не обстоит ли дело так, что два способа понимания информатики – как естественной фундаментальной науки и как гуманитарной науки – взаимно исключают друг друга, поскольку исходят из различных онтологических представлений об информации? В таком случае проект интегральной информатики (А.П. Ершова, а затем и К.К. Колина) является принципиально нереализуемым.**

В 1983–1988 гг. А.П. Ершовым и его коллегами была продолжена активная работа в области школьной информатики. Полученные результаты не могут не впечатлять. За пять лет в масштабах страны было фактически реализовано то, что планировалось в «Справке о работах группы школьной информатики Вычислительного центра СО АН» от 5 января 1979 г. Наиболее масштабным результатом здесь, по видимости, следует считать введение курса «Основы информатики и вычислительной техники» в старших классах средней школы СССР.

В этот период развиваются и углубляются научно-методические аспекты школьной информатики: «ЭВМ в школе: опыт формулирования национальной программы» (совм. с Г.А. Звенигородским, Ю.А. Первиным, Н.А. Юерман) (1984), «Научно-методические основы школьной информатики: научное сообщение» (1985), «Проблемы школьной информатики» (1986), «Basic concepts of Algorithms and Programming to be Taught in a School Course in Informatics» (1985), «Школьная информатика: Библиографический указатель отечественной и иностранной литературы за 1981-1985 гг.» (сост. Н.А. Юерман) (1986), «Школьная информатика в СССР: От грамотности к культуре» (1987), «Informatics as a New Subject in Secondary Schools in the USSR» (1987), «Компьютеризация школы и математическое образование» (1990), «Концепция использования средств вычислительной техники в сфере образования» (1990) и др.

При активном участии и под руководством А.П. Ершова создаются учебники и методические пособия по информатике: «Изучение основ информатики и вычислительной техники: Метод. пособие для учителей и преподавателей сред. учеб. заведений. В 2-х ч.» (1985–1986), «Основы информатики и вычислительной техники: Проб. учеб. пособие для сред. учеб. заведений. В 2-х ч.» (1985–1986), «Информатика 9–10: Учебно-методические материалы. Ч. 1-2» (1987), «Основы информатики и вычислительной техники: Проб. учеб. для сред. учеб. заведений» (1988), «Программы педагогических институтов: Гос. экзамен по информатике и вычислит. технике (для физ.-мат. специальностей)» (1988) и др.

С 1984 г. постоянной трибуной, с которой А.П. Ершов высказывает свои идеи, становится колонка редактора в журнале «Микропроцессорные средства и системы». Здесь он публикует заметки «Уважаемый читатель» (1984), «Алгоритмический язык в школьном курсе основ информатики и вычислительной техники» (1985), «Об информационной модели машины: колонка редактора» (1985), «Школьная информатика: второй звонок: Колонка редактора» (1986), «Обработка информации: от данных к знаниям: Колонка редактора» (1986), «Союз информатики и вычислительной техники – на службу обществу: Колонка редактора» (1987), «Вычислительная техника и информатика: отрасль или инфраструктура?: Колонка редактора» (1988), «За чем мы все это делаем: Колонка редактора» (1988).

Также А.П. Ершов пишет много научно-популярных статей в различных периодических изданиях – «Человек и компьютер» (1984, «Известия»), «К читателям «Юного техника»» (1985, «Юный техник»), «Парта XXI века» (1985, «Литературная газета»), «Что такое информатика? Урок для учителя» (1985, «Учительская газета»), «ЭВМ в классе» (1985, «Правда»), «ЭВМ в мире людей» (1985, «Советская культура»), «ЭВМ в школе» (1985, «Неделя»), «Время информационных технологий» (совм. с К.Е. Левитиным) (1986, «Знание – сила»), «Просто – Информатика» (1987, «Учительская газета»), выступает с лекциями по телевидению и др.

Заключение

Наследие академика А.П. Ершова обширно и многогранно. Стараясь избегать категоричных суждений, мы стремились хотя бы в некоторой степени ответить на вопрос, как А.П. Ершов понимал информатику.

В ходе дальнейших дискуссий хотелось бы прояснить пять выделенных проблемных узлов, поскольку в них содержится концептуализация исторического материала с точки зрения сегодняшнего дня.

Эта статья оказалась возможной благодаря поддержке друзей и коллег из Москвы, Санкт-Петербурга и Новосибирска. Отдельное спасибо хотелось бы выразить сотрудникам Института систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, который нам удалось посетить в феврале–марте 2011 г.

Применение универсальных процессоров АП-20/АП-32 для обработки физической информации в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера

Чертовских А.Г.
Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН

Application of the Universal Processors AP-20, AP-32 for the Treatment of Physical Information in the Budker Institute of Nuclear Physics

Chertovskikh A.
G.I. Budker Institute of Nuclear Physics SB RAS

1. Введение

В начале 80-х годов прошлого века в Институте ядерной физики СО АН сложилась довольно сложная ситуация с обработкой физической информации. Успешные эксперименты по изучению процессов $e^+ - e^-$ аннигиляции на встречных электрон-позитронных пучках на ускорителе ВЭПП-4 приводили к большим потокам данных, требующих своей обработки. Данные с магнитного детектора МД-1 подвергались трём стандартным этапам фильтрации, где отбор «полезных» событий проходил по всё более жёстким критериям на различных этапах. Каждый этап представлял собой некий «триггер», разрешающий дальнейшую обработку полученной информации. Наиболее простые отборы проходили на «первичном» и «вторичном» триггерах, реализованных аппаратно и представляющих собой схемы совпадений для определённых разрешённых комбинаций срабатывания различных подсистем детектора. Третьим же этапом фильтрации данных являлась работа программы реконструкции событий – довольно сложный алгоритм, реализованный на ЭВМ, выступающей уже «третичным триггером».

В ходе экспериментов перед обработкой «третичным триггером» данные в установленном формате записывались на магнитные ленты с помощью ЭВМ М-6000, эти ленты представляли собой «сырую» первичную информацию. Далее эти ленты подвергались обработке в пакетном режиме на ЭВМ ЕС-1061 для получения уже вторичной, обработанной информации. Работа третичного триггера – программы реконструкции событий на этой машине – занимала около суток для обработки одной ленты (2 часа процессорного времени или 8 часов астрономического). В то же время запись первичных лент шла со скоростью нескольких лент в сутки. В результате за 1983–1985 годы накопилось более 1000 лент необработанной первичной информации. Для их обработки необходимо было несколько лет непрерывной работы ЕС-1061 при продолжающемся накоплении первичных лент.

Проведённые оценки показали, что проблему обработки данных можно было бы решить за приемлемое время на вычислительном комплексе с производительностью 8–10 млн. операций в секунду. Такой высокопроизводительный комплекс для обработки физической информации (ВКОФИ) был создан разработчиками института и введён в эксплуатацию в 1985 году. Основой вычислительного комплекса являлся процессор АП-20 оригинальной разработки. Работающая на нём программа реконструкции событий, восстанавливающая треки заряженных частиц в координатном объёме детектора, отсеивала ненужные «фоновые события». В процессе фильтрации событие считалось «полезным», если обнаруживался хотя бы один трек, проходящий через место встречи пучков. Программа осуществляла отбор и запись на вторичную ленту «полезных» событий из всей массы фоновых событий, записанных на первичные ленты. При этом происходил процесс сжатия информации – из 15–20 лент необработанных «сырых» данных получалась одна лента вторичной информации. Эта информация далее также подвергалась обработке программой гистограммирования (называемой иногда «четвертичным» триггером) на ЕС-1061, но это занимало уже вполне приемлемое время.

2. Архитектура ВКОФИ

Вычислительным ядром системы был процессор АП-20, в то время как загрузка в него программы, данных и вывод обработанной информации осуществлялись через процессор ввода-вывода, в качестве которого использовалась серийная ЭВМ «Электроника-100/25». Она же осуществляла считывание «сырых» данных с первичных лент и запись «полезных» событий на вторичные ленты. Сочленение ЭВМ и процессора осуществлялось через специально разработанный интерфейс шины Q-bus «Электроники-100/25».

Процессор АП-20 имел собственную оригинальную систему команд, поэтому программирование процессора АП-20 осуществлялось с помощью специально разработанного кросс-матобеспечения – комплекса программ, работающих на «Электронике-100/25» и осуществляющих трансляцию, сборку и загрузку программ процессора АП-20. На серийную ЭВМ были возложены также все функции по управлению ходом программы, её запуска и останова, синхронизацию потоков данных. Весь комплекс программ был реализован на макроасемблере «Э-100/25» и работал под управлением ОС «РАФОС». Комплекс программ включал ассемблер АП-20, редактор связей, отладчик и макрогенератор для перевода прикладных программ с языка высокого уровня на язык ассемблера.

3. Структура и характеристики АП-20

Процессор АП-20 имел модульную структуру и реализовывал архитектуру, которую сейчас принято называть RISC-архитектурой (**reduced instruction set computer** – компьютер с сокращённым набором команд). Особенностью такой архитектурой считается простота аппаратной части и упрощённый набор команд, за счёт чего снижается время исполнения самих команд и их обеспечивается их выполнение за один такт процессора. Упрощённая дешифрация команд и отказ от микропрограммирования являются следствием такого подхода. Именно этими особенностями обладал процессор АП-20. Он имел довольно простую систему команд и исполнял их за один такт процессора без применения микрокода.

В состав модулей процессора входили процессор целых чисел, память программ, память данных, блок управления, умножитель чисел в формате плавающей запятой, сумматор чисел с плавающей запятой, делитель, модуль тригонометрических функций, интерфейс с ЭВМ. Все модули размещались на общей магистрали с шинами данных, адресов и команд. Разрядность данных процессора – 24 разряда, размер оперативной памяти – 50 КБ. Производительность процессора можно было оценить в 10 MIPS (**Million Instructions Per Second**) поскольку АП-20 имел основную тактовую частоту в 10 МГц и выполнял операции над целыми числами за один такт процессора – 100 нсек. Операции умножения и сложения чисел с плавающей точкой также выполнялись за один такт – 100 нсек, в то время как операции деления требовали время около 1,0 мсек. Стандартно такая производительность оценивается в 10 MFLOPS (**Floating point Operations per Second**). Выборка команд из памяти программ совмещалась с исполнением предыдущей команды, то есть имел место простой двухступенчатый конвейер.

Время реконструкции одного события в координатной камере детектора на процессоре АП-20 составляло 18 мсек, в то время как на ЕС-1061 та же задача выполнялась за 76 мсек (то есть в 4,3 раза дольше), на Э-100/25 – 1380 мсек (в 76,6 раз дольше). От серийных ЭВМ процессор отличался, прежде всего, небольшим размером ОЗУ и малой разрядностью данных. Именно это делало его специализированным для небольшого класса задач. В качестве его элементной базы использовалась отечественная серия микросхем серии К500 эмиттерно-связанной логики (ЭСЛ).

4. Процессор АП-32: архитектура и особенности

Работа над АП-20 показала как достоинства новой архитектуры, так и возможности её дальнейшего развития. Ещё до окончания всех работ над АП-20 началась работа над его более мощным вариантом – процессором АП-32 с увеличенной разрядностью данных и команд (32 разряда), большим объёмом ОЗУ (2МБ), расширенным набором команд и регистров общего назначения (32 РОН), а также с аппаратной реализацией большинства элементарных функций. Тактовая частота процессора оставалась прежней – 10 МГц, и, таким образом, формально производительность оставалась на том же уровне – 10 MIPS/10 MFLOPS. Однако расширенный набор инструкций и больший размер памяти позволяли реализовывать гораздо более сложные алгоритмы. В качестве процессора ввода-вывода была выбрана также иная ЭВМ – «Электроника-60», как более компактная и технологичная.

Состав модулей процессора был примерно тот же и включал процессор целых чисел, блок управления, ОЗУ данных, ОЗУ программ, умножитель чисел с плавающей точкой, сумматор чисел с плавающей точкой, СПЭФ – сопроцессор элементарных функций, интерфейс с ЭВМ. В дальнейшем этот базовый набор был расширен за счёт БАП – буферного адаптера последовательной связи и адаптера графического дисплея. Кроме расширенной разрядности и размера ОЗУ процессор отличала от предшественника аппаратная реализация элементарных функций. Если в АП-20 использовались табличные методы с экстраполяцией и хранением табличных данных в ПЗУ, то в АП-32 был реализован иной принцип – итерационный метод на основе алгоритма Вольдера. Этот метод основан на сдвигах трёх переменных (вращение вектора в плоскости X-Y на угол Z). Его аппаратная реализация стала достаточно быстрой и эффективной с появлением быстрых микросхем сдвига 1800-ой серии. Эта серия наряду с новой, 1500-й серией стала элементной базой нового процессора. Обе серии основывались на технологии ЭСЛ, которая имела в то время рекордное быстродействие.

Сопроцессор элементарных функций (модуль СПЭФ) позволял вычислять аппаратно с однократной точностью весь набор элементарных функций, входящий в базовый набор языка FORTRAN – деление, синус и косинус, арктангенс, квадратный корень, натуральный логарифм, экспоненту. В серийных ЭВМ аппаратно реализуется обычно только деление, причём на микропрограммном уровне. Программная реализация требует значительных затрат процессорного времени и реализуется на уровне библиотек подпрограмм языков высокого уровня. Использование аппаратного модуля СПЭФ также требует библиотеки подпрограмм для выполнения некоторых дополнительных операций – «нормализации» аргументов для введения аргумента в область сходимости алгоритма и «денормализации» результатов. Эти операции значительно проще вычисления самой функции программным способом, и их выполнение совместно с работой СПЭФ сокращало общее время вычисления функций примерно в десять раз. Так, вычисление функций с однократной точностью занимало на АП-32 3-4 мсек (в зависимости от функции) вместо 30-40 мсек при программной реализации. Для алгоритмов со значительной долей вычислений как тригонометрических (как в случае программы реконструкции), так и иных элементарных функций такая возможность давала существенный дополнительный выигрыш в общей производительности системы.

Новый расширенный набор инструкций позволил реализовать для процессора компиляторы с языков вы-

сокого уровня. Программистами команды разработчиков удалось реализовать два из них – компилятор FORTRAN-4 и Си.

Работы над процессором АП-32 были завершены в 1989 году, он был включён в состав системы сбора данных детектора КМД-2 на ускорителе ВЭПП-2М в качестве третичного триггера. Обработка данных процессором с отсеиванием фоновых событий теперь шла в режиме “on-line” – то есть непосредственно в ходе эксперимента. При этом ввод данных для обработки осуществлялся не через медленную ЭВМ ввода-вывода, а через специальный последовательный интерфейс БАП, связанный с модулями системы сбора данных быстрой последовательной связью. Кроме обработки данных на процессор были возложены также функции мониторинга событий – процессор выводил часть реконструированных треков на 2 внешних графических дисплея, изображавших координатную камеру детектора в двух проекциях.

Ввиду того, что на момент своего создания процессор АП-32 имел относительно высокий уровень производительности, а программное обеспечение включало компиляторы с языков высокого уровня, его использование обещало большие перспективы для многих задач физики высоких энергий. Планировалось использовать вычислительную мощность процессора для моделирования работы экспериментальных установок физики плазмы. К сожалению, использование АП-32 в других задачах, помимо задачи третичного фильтра событий детектора КМД-2, прекратилось ввиду отъезда за границу специалистов, занятых в этом проекте. К середине 1990-х годов процессор морально устарел, его функции по обработке данных детектора КМД-2 планировалось переложить на новую разрабатываемую вычислительную систему, основанную на транспьютерах. АП-32 был выведен из эксплуатации в 1996 году.

Список литературы

1. Г.А. Аксёнов, М.В. Бейлин, Ю.И. Мерзляков, В.Я. Сазанский. Высокопроизводительная система для обработки физической информации. «XII Международный симпозиум по ядерной электронике», Дубна, 2-6 июля 1985г.
2. Г.А. Аксёнов, А.В. Кислицын, Ю.И. Мерзляков, В.Я. Сазанский, И.А. Ткаченко, А.Г. Чертовских. Универсальный арифметический процессор АП-32. 1. Архитектура, система команд, технические характеристики. Препринт ИЯФ 89-175, Новосибирск, 1989.
3. Г.А. Аксёнов, А.В. Кислицын, В.Я. Сазанский, А.Г. Чертовских. Универсальный арифметический процессор АП-32. 4. Арифметика с плавающей точкой, сопроцессор элементарных функций. Препринт ИЯФ 90-26, Новосибирск, 1990.
4. Aksenov G.A., Demina R.Yu., Kislitsin A.V., Kozlov V.N., Merzlyakov Yu.I., Sazansky V.Ya., Tkachenko I.A., Chertovskikh A.G., Shekhman A.I. Using AP-32 in CMD-2 On-line Environment. 5th International Conference on Instrumentation for Colliding Beam Physics, World Scientific, 1990, pp. 441-445.
5. Aksenov G.A., Anashkin E.V., Chertovskikh A.G., Khazin B.I., Kirpotin A.N., Merzlyakov Yu.I., Putmakov A.N., Sazansky V.Ya., Shekhman A.I., Solodov E.P., Thompson J., Zavarzin V.G. The CMD-2 Online Data Acquisition and control system. Proc. of the International Conference on Computing in High Energy Physics, '92, Geneva, 1992, pp. 783-791.

Ян Юзеф Барановский и его механические таблицы

Шилов В.В.
«МАТИ» – РГТУ имени К.Э. Циолковского
Москва, Россия

Jan Jusef Baranovsky and his Mechanical Tables

Shilov V.
«МАТИ» - Russian State University of Aviation Technology

В работах по истории российской счетной техники (к сожалению, все еще весьма малочисленных) мы до сих пор сталкиваемся со странной непоследовательностью. Так, некоторые изобретения (суммирующая машина Евны Якобсона, счислитель Генриха Куммера) не всегда обоснованно вписываются в ряд отечественных достижений. В то же время имена некоторых крупных изобретателей, работавших в Российской империи и являвшихся ее подданными, в контексте этой истории либо никогда не упоминаются (в частности, Авраам Штерн), либо упоминаются крайне редко (например, Израиль Штаффель). К числу игнорируемых историками отечественной вычислительной техники изобретателей относится и Ян Юзеф Барановский.

Барановский родился в 7 сентября 1805 г. в местечке Смиловичи под Минском, в шляхетской семье из старинного рода Гржималов. Учился сначала в церковной школе в Смиловичах, затем в классической гимназии в Минске. В 1821 г. стал студентом Императорского университета в Вильно, причем поначалу специализировался в физике и медицине. Однако затем Барановский сделал выбор в пользу юриспруденции и в 1825 г. получил степень кандидата права (которая присваивалась лицам, закончившим курс университета с отличием и представившим письменную работу на избранную тему; она предшествовала степеням магистра и доктора).

С 1828 года служил в Банке Польском в Варшаве в департаменте заграничной корреспонденции. Когда 29 ноября 1830 года началось так называемое ноябрьское восстание, лозунгом которого было восстановление независимой Речи Посполитой в границах 1772 г., Барановский стал его активным участником. Он воевал в составе Пятого уланского полка повстанцев и принял участие в нескольких сражениях. В октябре 1831 года вместе с остатками разбитого войсками русского генерала барона Розена Второго корпуса под командованием знаменитого авантюриста генерала Джироламо Раморино ему удалось пересечь границу; в Галиции повстанцы сдались австрийским властям.

В 1832 г. Барановскому удалось перебраться во Францию. Здесь он сделал успешную карьеру в управленческой сфере. Сначала он служил в различных банках и торговых домах во французской провинции, в Лионе и Шалон-сюр-Сон. В 1837 г. он обосновался в Париже и продолжил работать банковским бухгалтером и кассиром. С 1843 по 1848 год Барановский работал инспектором в Обществе Северной железной дороги (Париж – Руан – Гавр). Разработанная им в это время новая система бухгалтерского учета была впоследствии внедрена во всех французских железнодорожных компаниях.

Именно опыт работы в банковской сфере и на железной дороге обратил его к изобретательству. Начиная с 1842 года, Барановский получил 17 французских патентов на свои изобретения (с дополнительными усовершенствованиями – 35). Наиболее важные работы он запатентовал также в Великобритании (9 патентов в 1847-1866 годах), Бельгии (два патента в 1858 и 1863 годах), США (не менее двух патентов – в 1848 и 1873 годах). В 1848 г. Барановский вышел в отставку и целиком посвятил себя изобретательской деятельности.

Творчество Барановского, однако, не ограничивалось лишь технологиями. Когда в 1871 г. после унижительного поражения в войне против Пруссии Франция должна была выплатить огромную контрибуцию, он разработал и направил в Министерство финансов проект организации государственного займа. По мнению Барановского, в итоге был принят и осуществлен – с незначительными изменениями – именно его проект. Однако в вознаграждении под разными предлогами ему было отказано...

В результате обиженный Барановский принял решение покинуть Францию и в 1872 г. переселился в Англию. Здесь он занял скромно оплачиваемую должность секретаря местного польского литературного общества. Его деятельность в области литературы тоже оказалась весьма плодотворной. Так, в 1879 году он издал карманный словарь французского языка (который пользовался успехом как в Англии, так и во Франции и получил высокую оценку выдающегося польского романиста Юзефа Игнация Крашевского), в 1880 году – учебник грамматики, предназначенный для обучающихся польскому языку англичан и американцев, а в 1884 году – первый англо-польский словарь.

Ян Юзеф Барановский скончался 30 марта 1888 г. в Лондоне.

Пожалуй, одним из наиболее важных и получивших большой общественный резонанс изобретений Барановского стала разработанная им около 1857 года автоматическая сигнальная система для контроля движения поездов. Безопасность движения по бурно развивавшейся сети железных дорог становилась в то время крайне актуальной задачей. Скорость поездов постоянно возрастала, при этом в значительной части пути оставались однопутными. Барановский стал одним из первых, кто попытался решить проблему безопасности. В его системе при подходе поезда к однопутному участку срабатывал механизм, выставлявший для встречных поездов на противоположном конце участка запрещающий сигнал семафора.

Система впервые была испытана в ноябре 1857 г. возле станции Нантерр на линии Париж – Сен-Жермен. Испытания длились несколько месяцев, аппаратура Барановского работала без единой ошибки, пропустив не одну тысячу поездов. В 1858 г. система сигнализации Барановского была установлена в Италии на железнодорожной линии Турин – Генуя, а также на нескольких линиях во Франции (Париж – Руан, Париж – Страсбург, Париж – Брюссель). В 1862 г. она была представлена на Всемирной выставке в Лондоне, однако это изобретение Барановского интереса у жюри не вызвало. Возможно, это было связано с тем, что тремя годами ранее в Англии появилась подобная, но более практичная и дешевая механическая система. Вскоре были разработаны и электрические системы сигнализации, окончательно вытеснившие механические. Отметим, что сам Барановский полагал, что неудача его проекта была не в последнюю очередь вызвана сознательным саботажем железнодорожных рабочих (путевых обходчиков и др.), которые, опасаясь лишиться работы, портили оборудование.

Несколько изобретений Барановского в той или иной мере примыкают к области счетной техники. Так, на Всемирной выставке в Лондоне в 1851 г. было представлено несколько его изобретений: газовый счетчик, устройство для подсчета голосов на выборах, машина для печати, нумерации (здесь уместно напомнить, что вплоть до XIX века нумерация считалась отдельным арифметическим действием) и учета железнодорожных и театральных билетов. Последняя была устроена так. В машину загружались чистые бланки, и при каждом повороте ручки на очередном бланке печатался билет установленного вида, причем они последовательно нумеровались, начиная с 1, а общее количество выданных билетов фиксировалось. Печать была многоцветной, а машина могла также работать и от привода парового двигателя. Ее производительность составляла до 5000 билетов в час.

В своем отчете жюри назвало машину Барановского сделанной «искусно и изобретательно» и отметило, что ее конструкция такова, что ошибка в нумерации невозможна. Жюри наградило машину Барановского медалью Всемирной выставки.

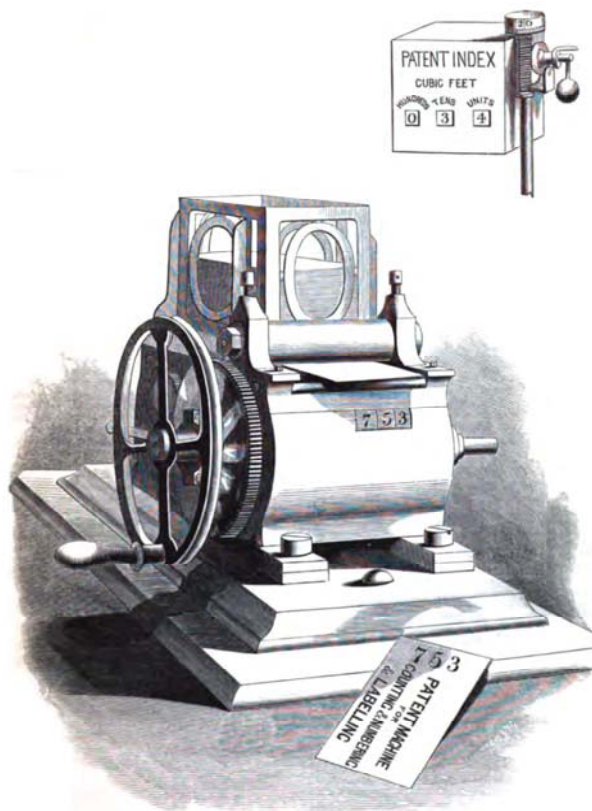


Рис. 1. Машина для печати, нумерации и учета билетов и газовый счетчик Барановского (рис. из Каталога Всемирной выставки 1851 г. в Лондоне)

Несколько других изобретений Барановского прямо относятся к счетной технике: так, 14 января 1847 г. ему был выдан французский патент № 2663 на оригинальную механическую счетную машину, предназначенную для выполнения всех четырех действий арифметики (рис. 2). К сожалению, сведения о том, была ли эта машина изготовлена, отсутствуют.

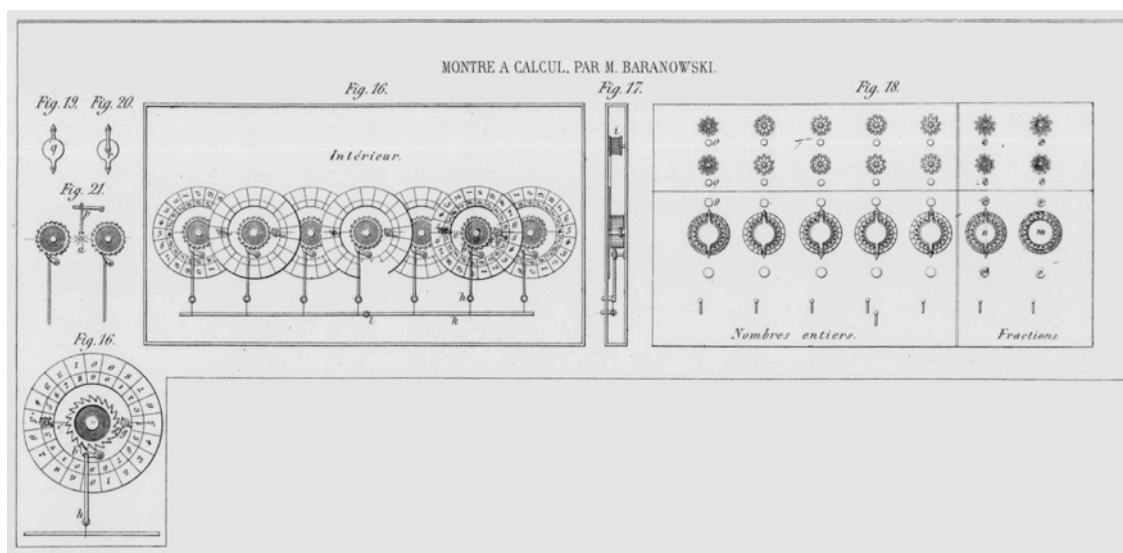


Рис. 2. Счетная машина Барановского (чертеж из патента № 2663)

Но, пожалуй, наиболее интересным из изобретений Барановского в области счетной техники стал счетный цилиндр на основе подвижных таблиц, предназначенный для механизации вычислений.

Различные математические таблицы на протяжении тысячелетий служили важнейшим, если не единственным средством сокращения объема производимых вычислений. Так, записанные на глиняных табличках таблицы умножения, обратных величин, квадратов, кубов и др. широко применялись уже в древнем Вавилоне. Таблицы тригонометрических функций, а затем логарифмические таблицы оставались для астрономов, математиков и инженеров незаменимым инструментом вплоть до появления электронных калькуляторов. В середине XVII века появились первые простые механические счетные устройства, основанные на использовании предварительно вычисленных таблиц. Особенное распространение такие устройства (в которых таблицы наносились на сдвигающиеся рейки, вращающиеся диски, цилиндры и т.д.) получили, начиная с первой трети XIX столетия. Они применялись в торговле, в банках, страховых, промышленных и железнодорожных компаниях, т.е. везде, где требовалось постоянно производить множество относительно простых и однотипных вычислений, например, определять выплаты по кредиту в размере от 1 до 1000 фунтов стерлингов, взятому под 5,5% годовых на срок от 1 до 365 суток (счетное устройство Джефффа, Англия, около 1815 г.). Всего известно около 400 патентов на механические таблицы, полученных в европейских странах и США за период до 1980 года.

Счетный цилиндр Барановского, ставший одним из первых устройств такого рода, был запатентован во Франции (патент № 4587 с приоритетом от 28 ноября 1846 г., выданный на 15 лет), в Англии (патент выдан 19 июля 1847 г. сроком на 6 месяцев) и США (патент № 5746 от 5 сентября 1848 г.).

Машина состоит из таблицы, содержащей различные заранее рассчитанные результаты, расположенные последовательно в разрядах единиц, десятков, сотен и т.д. (и если необходимо, в дробных частях); из лицевой пластины с прорезами в ней для показа, когда требуется, любой части вычислительной таблицы; и, наконец, ряда ползунов, любое количество которых может быть передвинуто в целях выставления чисел, составляющих необходимый результат (числа, не требуемые для результата, будут скрыты от просмотра). Ползуны и лицевая пластина устроены так, чтобы оператор видел на передней части машины, какие из ползунов следует сдвинуть, чтобы получить необходимый результат.

Действие машины состоит в отображении конкретного требуемого результата на лицевой панели путем сдвига оператором соответствующего ползуна (если такой результат может быть представлен как одно число из таблицы). Если же результат, который должен быть представлен, состоит из двух или более чисел, то должны быть сдвинуты два или более ползуна. В этом случае на лицевой панели отображаются два или более числа, которые следует сложить для получения конечного результата. Таким образом, получение результата с помощью машины сводится к простой операции показа числа, являющегося результатом, или нескольких чисел, в сумме составляющих результат.

В патенте Барановского описана, в частности, машина, соединенная с вычислительной таблицей для определения платы за перевозку определенного количества угля на различные расстояния (точнее, между Лондоном и основными станциями английской Юго-Западной железной дороги). В верхней части лицевой панели имеется вырез, в котором виден постоянный множитель (стоимость провоза тонны угля), в нижней – в специальном вырезе видно название станции назначения. Всего станций 13, поэтому имеются 13 заранее вычисленных таблиц, каждая из которых помещена на одной из граней вращающегося на подшипниках барабана. Каждая таблица содержит произведения множителей для единиц, десятков, сотен и т.д., на множимое, которое в данном случае есть плата за перевозку тонны угля из Лондона до станции назначения (рис. 3).

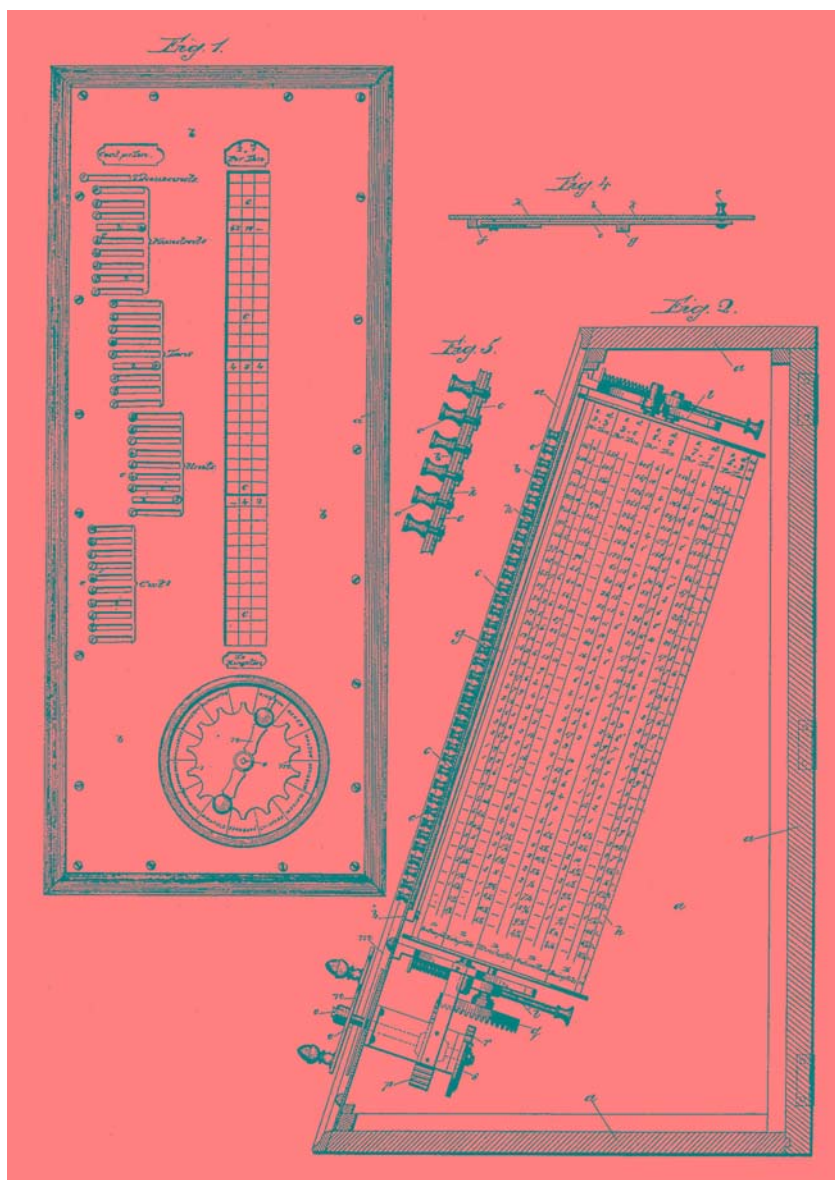


Рис. 3. Счетная машина Барановского (рис. из патента США № 5746)

Диск в нижней части лицевой панели совмещен с указателем в виде стрелки. Диск разделен на части, помеченные названиями станций, а одна часть оставлена пустой, чтобы показывать исходное состояние машины. При вращении с помощью рукоятки указателя на закрепленном на оси диске, это движение посредством зубчатых колес сообщается барабану. Когда указатель поворачивается с одного деления диска на другое, он показывает на название станции на диске, а карточка, содержащая табличные результаты, относящиеся к выбранной станции, передвигается в верную позицию под закрытым ползунами вырезом на лицевой панели. Пусть, например, требуется определить плату за перевозку 642 тонн угля из Лондона в Кингстон. Тогда кнопки номер 6 разряда сотен, номер 4 разряда десятков и номер 2 разряда единиц сдвигаются до упора в противоположные концы прорезей. В ползунах также имеются прорези, которые оказываются совмещенными с прорезями в лицевой панели и открывают, таким образом, оператору нужные табличные значения. Все, что остается сделать – это сложить три показанных результата, и итоговый результат будет получен.

Барабан легко снимается, и понятно, что, заменив таблицы на нем, машину нетрудно приспособить для решения самых разных задач. Машины Барановского действительно получили самое широкое распространение. Так, французское министерство общественных работ применяло их для расчета тарифов железнодорожных перевозок. У работников банков пользовался популярностью вариант машины, предназначенный для определения размера денежных выплат за определенный срок при различных процентных ставках, а у бухгалтеров – для расчета заработной платы работников при фиксированной еженедельной оплате. Счетная машина Барановского была удостоена медали на Национальной промышленной выставке 1849 года (также медалью была награждена машина для печати, нумерации и учета билетов) и вместе с другими его машинами была представлена на Всемирной выставке 1851 года в Лондоне (рис. 4).

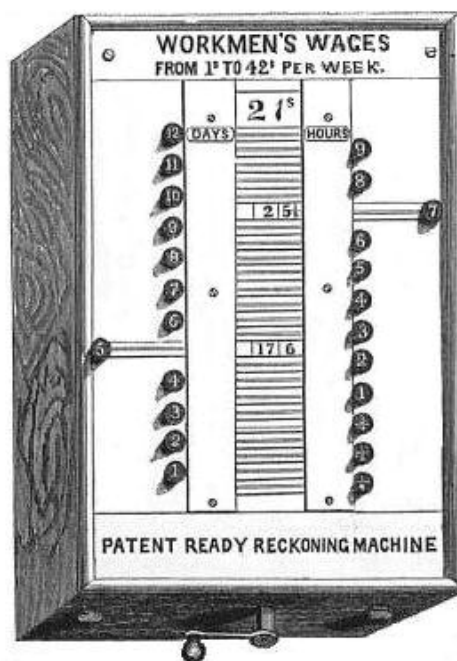


Рис. 4. Счетная машина Барановского, представленная на Всемирной выставке 1851 г. в Лондоне

Привлекла внимание счетная машина Барановского и в России (стоит отметить, что в заявке на американский патент Барановский называет себя «подданным Императора России»). Большая партия (около ста) машин Барановского была приобретена для работы на уральских рудниках и приисках Демидовых. Один экземпляр машины для определения размера денежных выплат, адаптированный к российской денежной системе, был изготовлен в 1849 г. по специальному заказу для работы в петербургской императорской канцелярии.

Литература о Барановском крайне скудна – имеется лишь несколько кратких биографических справок о нем на польском языке. Счетные же машины Барановского никогда не становились предметом рассмотрения для историков вычислительной техники. Настоящая работа имеет целью хотя бы частично восполнить этот пробел и привлечь внимание к деятельности интересного и плодovitого изобретателя.

К истории разработки БЦВМ для противоракет дальнего перехвата А925

Штейнберг В.И.
ФГУП «НИИ «Аргон»
argon@argon.ru

Аннотация. Доклад посвящен решению сложной научно-технической проблемы по созданию высоконадежной радиационно-стойкой бортовой цифровой вычислительной машины 5Э28А (БЦВМ «Аргон-17А») для противоракеты дальнего перехвата А925, выполненной коллективом разработчиков Научно-исследовательского центра электронной вычислительной техники (НИЦЭВТ) и впоследствии выделившимся из НИЦЭВТ – коллективом НИИ «Аргон» в период с 1968 по 1991 г.

On the History of Development of On-Board Computer for Long-Range Missile Interception A925

Shteinberg V.
Federal State Unitary Enterprise Research Institute «Argon»

Abstract. The report focuses on solving complex scientific and technological challenges to create a highly reliable radiation-resistant on-board digital computer 5E28A ("Argon-17A") to intercept long-range missile A925. This task was successfully performed by a team of developers of the Research Center of Computer Technology (NICEVT) and of research group "Argon" (subsequently separated from the NICEVT) between 1968 and 1991.

Key words: Argon, USSR on-board computer, NICEVT

Эра использования баллистических ракет дальнего действия в военных целях, начавшаяся с первых запусков немецких ФаУ-2, направленных на Лондон, вывела в разряд актуальных и задачу борьбы с этим новым видом оружия. 17 августа 1956 г. появилось развернутое постановление Совета Министров СССР, которое санкционировало начало полномасштабных работ по тематике противоракетной обороны.

4 марта 1961 г. на полигоне в районе озера Балхаш был осуществлен первый в мире перехват баллистической ракеты.

В начале 1970-х годов были развернуты работы по созданию системы второго поколения ПРО Москвы (двухэшелонная система А-135). Назначением этой системы была гарантированная защита Московского промышленного района от удара группы баллистических ракет и их боевых блоков. В состав системы А-135 вошла созданная в МКБ «Факел» противоракета заатмосферного перехвата 51Т6 (А-925), предназначенная для уничтожения боевых блоков межконтинентальных баллистических ракет до их входа в атмосферу. Противоракета 51Т6 не имела и не имеет аналогов в мировом ракетостроении. Она была выполнена с применением новейших достижений отечественной науки и техники, прогрессивных технологий и новых материалов, по двухступенчатой схеме – с твердотопливным ракетным двигателем на первой ступени и жидкостной ракетной двигательной установкой на второй. Старт ракеты – вертикальный, из шахтной пусковой установки.

Впервые противоракета такого класса была оснащена командно-инерциальной системой управления с бортовой цифровой вычислительной машиной БЦВМ 5Э28А («Аргон-17А»).

Бортовая аппаратура противоракеты выполнена в радиационно-стойком исполнении. Были приняты специальные меры для обеспечения радиационной стойкости БЦВМ. Конструкция ракеты и ее бортовой аппаратуры обеспечивала, при необходимости, продолжительный автономный полет без команд от наземной системы наведения. По командам от наземной системы наведения противоракета могла перенацеливаться в полете. Противоракета 51Т6 обеспечивала высокую вероятность уничтожения боевых блоков межконтинентальных баллистических ракет на больших дальностях и высотах. Первый пуск А-925 был произведен весной 1979 г.

17 февраля 1995 г. система ПРО Московского промышленного района А-135 была принята на вооружение. В состав системы А-135 вошли два стрельбовых комплекса с 32 шахтными пусковыми установками противоракет 51Т6. Наряду со стратегическими ядерными силами, средства воздушно-космической обороны страны сыграли большую роль в сдерживании потенциальных агрессоров от применения военной силы против нашего государства и в предотвращении третьей мировой войны.

Созданию БЦВМ 5Э28А, принятой на вооружение в составе противоракеты дальнего перехвата А-925, предшествовала напряженная многолетняя и многоэтапная исследовательская и конструкторская работа, автономные лабораторные, наземные комплексные и натурные испытания в составе противоракеты. На каждом этапе решались всё более сложные научно-технические задачи: от разработки первоначального варианта БЦВМ 5Э27 к БЦВМ 5Э28 и, наконец, к БЦВМ 5Э28А, успешно прошедшей все виды испытаний, внедренной в серийное производство и принятой в штатную эксплуатацию. БЦВМ 5Э28А в комплексе БЦВМ «Аргон», охватывающем разработки нескольких поколений бортовой вычислительной техники для ракетно-космических, авиационных, мобильных и стационарных объектов, занимает особое место благодаря своим уникальным характеристикам.

Первоначально работы по проектированию БЦВМ (шифр 5Э27) для противоракеты дальнего перехвата А925 были начаты по заданию МКБ «Факел» в рамках ОКР «Полином-2» в ноябре 1970 г. В соответствии с решением ВПК от января 1972 г. работы по БЦВМ 5Э27 были прекращены. На базе результатов, полученных

по ОКР «Полином-2», началась разработка БЦВМ 5Э28. В связи с недостаточной надежностью БЦВМ 5Э28 в условиях полета, в мае 1980 г. было согласовано ТТЗ с МКБ «Факел» на БЦВМ 5Э28А, стойкую к воздействию электромагнитного импульса ядерного взрыва и радиационно-стойкую. Приказом Минрадиопрома от декабря 1984 г. освоение производства БЦВМ 5Э28А было поручено Кишиневскому заводу ЭВМ им. 50-летия СССР.

К 1970 году коллектив разработчиков средств бортовой вычислительной техники имел опыт создания БЦВМ для космических кораблей и станций, для авиационных и мобильных объектов. Предъявляемые тактико-технические требования к БЦВМ, размещаемой в приборном отсеке противоракеты с твердотопливным ракетным двигателем на первой ступени, представлялись на первом этапе проблемными и трудновыполнимыми. Потребовались многомесячные исследования и лабораторные испытания узлов и блоков БЦВМ, в которые были заложены новые конструктивно-технологические решения, обеспечивающие сохранность и работоспособность оборудования при старте противоракеты из шахтной пусковой установки.

Неразрешимой проблемой представлялась и задача обеспечения стойкости БЦВМ к воздействию электромагнитного импульса ядерного взрыва и радиационной стойкости. Многолетние исследования, проведенные на реальных узлах и блоках БЦВМ при воздействии заданных уровней радиации, показали неспособность электроники устойчиво работать в заданных условиях.

Как известно, импульсная проникающая радиация (ИПР) включает в себя три вида излучения: нейтронное, гамма-излучение и рентгеновское (сверхжесткое). Воздействие ИПР на вычислительную систему осуществляется через взаимодействие излучения с материалами, из которых изготовлены компоненты вычислительной системы (ВС). В результате изменяются параметры материалов и, как следствие, характеристики (параметры) компонентов. Выход значений этих характеристик за установленные допуски приводит к радиационным отказам и сбоям. Радиационные отказы и сбои, в отличие от большинства других видов отказов и сбоев, не разнесены во времени и могут возникать одновременно во многих компонентах.

Обеспечение радиационной стойкости ВС может проводиться за счет применения более радиационно-стойких компонентов, придания ВС свойства радиационной отказоустойчивости и использования защитных экранов. На практике все три подхода являются взаимодополняющими и применяются в указанной последовательности.

Определяющим для обеспечения радиационной стойкости ВС является условие допустимости ограничения (нарушения) работоспособности ВС при воздействии ИПР. С учетом этого обстоятельства ВС можно разделить на два класса: невосстанавливаемые и восстанавливаемые.

Для аппаратуры, работающей в реальном масштабе времени, все процедуры восстановления должны выполняться автоматически. Придание ВС свойства радиационной отказоустойчивости требует введения в архитектуру ВС двух дополнительных функций: обнаружения и восстановления. Задача первой из них – обнаружить ошибку, возникшую при воздействии ИПР, и инициировать работу второй функции – восстановления. Один из наиболее распространенных подходов к решению этой проблемы – метод «внешнего» контроля, когда контролируется не состояние самой вычислительной системы, а параметры радиационной обстановки (РО). Для этой цели в ВС вводится блок радиационного контроля, в состав которого входят функциональные узлы, необходимые для выработки сигнала, если параметры радиационной среды превышают заданные допустимые значения. Для реализации функции восстановления в составе ВС, как правило, требуется наличие магнитной памяти, радиационно-стойких таймеров, элементов «отсечки» для предотвращения распространения ошибок по ВС. Программные средства восстановления должны обеспечивать перезапуск ВС. Метод «внешнего» контроля был использован при разработке БЦВМ 5Э28А. В результате была предложена структура БЦВМ с блоком рестартера, включающим память на ферритах с необходимыми характеристиками, выдерживающими заданные уровни воздействия радиации.

Проблемным оказался и вопрос быстродействующего твердотельного датчика γ -излучения. Датчики с необходимыми характеристиками отсутствовали, нужно было найти организацию и специалистов, которые взяли бы за создание таких приборов. Заказ в результате был размещен в НИИ «Изотоп» в г. Риге.

Функционирование БЦВМ в боевом режиме при воздействии заданных уровней радиации обеспечивалось за счет кратковременного прерывания вычислительного процесса на период прохождения опасной зоны от ядерного взрыва головной части предыдущей противоракеты. При этом содержимое базовых регистров БЦВМ записывалось в ферритовую память блока рестартера, а после прохождения опасной зоны вычислительный процесс в БЦВМ восстанавливался, что обеспечивало решение боевых задач. Заложенные в структуру БЦВМ решения успешно прошли автономные стендовые и натурные испытания на полигоне при подземном ядерном взрыве, а в дальнейшем и при заводских испытаниях противоракеты.

Необходимое для БЦВМ быстродействие, связанное с жестким реальным временем алгоритмов боевых задач, было обеспечено за счет введения конвейерной обработки информации и проблемно-ориентированной изменяемой системы команд (ПОИСК). Макрокоманды ПОИСКА, ориентированные на конкретные алгоритмы, выполнялись на микропрограммном уровне.

Выполнение жестких требований к БЦВМ по надежности, в первую очередь, по коэффициенту боевой готовности при регламентных работах – один раз в два года, что было вызвано условиями нахождения противоракет на боевом дежурстве в шахтных пусковых установках, обеспечивалось за счет использования уже опробованной структуры БЦВМ, разрабатываемых для космических объектов. Это трехканальный синхронный резервированный вычислительный комплекс с мажоритарными органами, с реализацией поразрядного мажоритирования информационных и управляющих магистралей и резервированием элементов сопряжения в процессе

обмена. Благодаря такой структуре машина сохраняет работоспособность при появлении отказов в разноименных разрядах магистралей и связанных с ними цепях разных каналов. В качестве основной элементной базы БЦВМ 5Э28А были использованы микропроцессорные БИС серии 583 и ИС серий 106, 134, 530, 533.

Конструкция машины выполнена в виде скомпонованных в одном корпусе блока трехканального устройства вычислений и обмена, трех блоков ОЗУ, трех блоков ПЗУ программ, трех блоков ПЗУ микропрограмм и трех блоков электропитания. Многослойные печатные платы блоков, изготовленные методом послойного наращивания, кроме блока электропитания, собраны в пакет книжной конструкции.

В БЦВМ 5Э28А операции выполняются с фиксированной точкой, слово состоит из 16 разрядов и двойное слово 32 разряда. Система команд состоит из операторов общего назначения, специальных операторов, операторов стандартных процедур. Число команд – 132. Время выполнения сложения – 2 мкс. Объем ОЗУ – 4 Кб, ПЗУ программ – 32 Кб, ПЗУ микропрограмм – 24 Кб. Число обменных магистралей – 8, скорость обмена – до 160 Кб/с. Программное обеспечение включает набор стандартных программ, специальные подпрограммы, автоматизированную систему программирования ЯСКО, программы тестового контроля.

Группа эксплуатации – 4.4 по ГОСТ В20.36.304, 305, 306.

Объем – 70 дм³.

Масса – 30 кг.

Потребляемая мощность – 100 Вт.

Коэффициент готовности – 0,92.

Коэффициент работы – 0,998.



Внешний вид БЦВМ 5Э28А

Список литературы

1. Светлов В.Г. Зенитные управляемые ракеты МКБ «Факел». В книге «Диалектика технологий воздушно-космической обороны». Научное издание под ред. д.т.н., проф. Минаева В.Н. – М: ЗАО «Издательский дом «Столичная энциклопедия», 2011.
2. Штейнберг В.И. Комплекс БЦВМ «Аргон» за 40 лет – динамика развития//Материалы Международной конференции SORUCOM-2006 «Развитие вычислительной техники в России и странах бывшего СССР: история и перспективы, 3-7 июля 2006 г., Петрозаводск.
3. Штейнберг В.И. Элементная база – основа динамики развития БЦВМ комплекса «Аргон» в книге «Динамика радиоэлектроники/Под общ.ред. Ю.И. Борисова, М.: Техносфера, 2007.

Терминальная ЭВМ ЕС-1007

Ярмухаметов А.У.
Казанский виртуальный компьютерный музей
azaty1@gmail.com

The Terminal Computer ES-1007

Yarmukhametov A.
Kazan Virtual Computer Museum

Время неумолимо. Многие непосредственные участники создания наших отечественных ЭВМ уходят, частую публикацию принадлежат лицам, которые знают о тех временах только понаслышке, а порой просто компилируют чужие статьи. Остаются моменты истории создания оригинальной техники, неизвестные широкой общественности. Это объясняется отчасти тем, что многие вычислительные машины были закрытыми, имели двойное назначение и, естественно, сведения о них циркулировали в ограниченном кругу. Да и далеко не все создатели оригинальных технических решений обладают даром печатного слова.

С течением времени интерес приобретают не тактико-технические данные изделия, а человеческий фактор – взаимоотношения в коллективе разработчиков, борьба мнений, отношение руководителей к разработке, кто мешал или помогал, кому на самом деле принадлежат оригинальные решения и изобретения. Как известно из фольклора конструкторов, последним этапом любой разработки является «награждение непричастных». В этом контексте интересна и поучительна история создания ЕС-1007.

Основным тезисом является утверждение, что машина ЕС-1007 была исключительным явлением в ряду Единой Системы ЭВМ социалистических стран (ЕС ЭВМ). Напомню, что машины серии ЕС назывались «Ряд»: Ряд 1, Ряд 2, Ряд 3. В основном это были отечественные клоны серий IBM/360, 370. Некоторые из них просто «передирали» американские образцы (мы их называли «цельнотянутая конструкция»), но случались и оригинальные разработки, например, ЕС-1033. Изобретения, заложенные в конструкции этой машины, были защищены более чем в 90 патентах в разных странах.

Первый тезис: машина была задумана и сделана как **сетевая**, т. е. как элемент компьютерных сетей, почему и получила название «терминальной (ТЭВМ)», от английского terminal – оконечная, крайняя, пограничная. Это машина, работающая в сети, но максимально приближенная к человеку. Теперь, в век Интернета, трудно представить себе, что в те времена серьёзной компьютерной сети, предназначенной для совместной работы ЭВМ, кроме ARPANET, не было. Конечно, существовали специализированные сети, в том числе и у нас, например, сеть ЭВМ КИК – командно измерительного комплекса космических войск СССР.

Все ЭВМ серии «Ряд» проектировались как стационарные вычислители. От поколения к поколению, Ряд-1 – Ряд-3, росла их вычислительная мощность, а значит, и занимаемая площадь, энергопотребление, и, конечно, стоимость. Возник парадокс: не выполнялась основная концепция Единой Системы ЭВМ – обеспечить доступность всего огромного пакета программ для широкого спектра пользователей за счёт полной программной совместимости машин Ряда. Большинство потребителей было не в состоянии приобрести, устанавливать и эксплуатировать таких монстров, а небольшие машины с архитектурой ЕС (ЕС-1020, ЕС-1030) исчерпали ресурс.

Второй тезис: ЕС-1007 была задумана и сделана исключительно **компактной**. Это было достигнуто за счёт глубокой интеграции ресурсов. Как это сделано – будет сказано ниже.

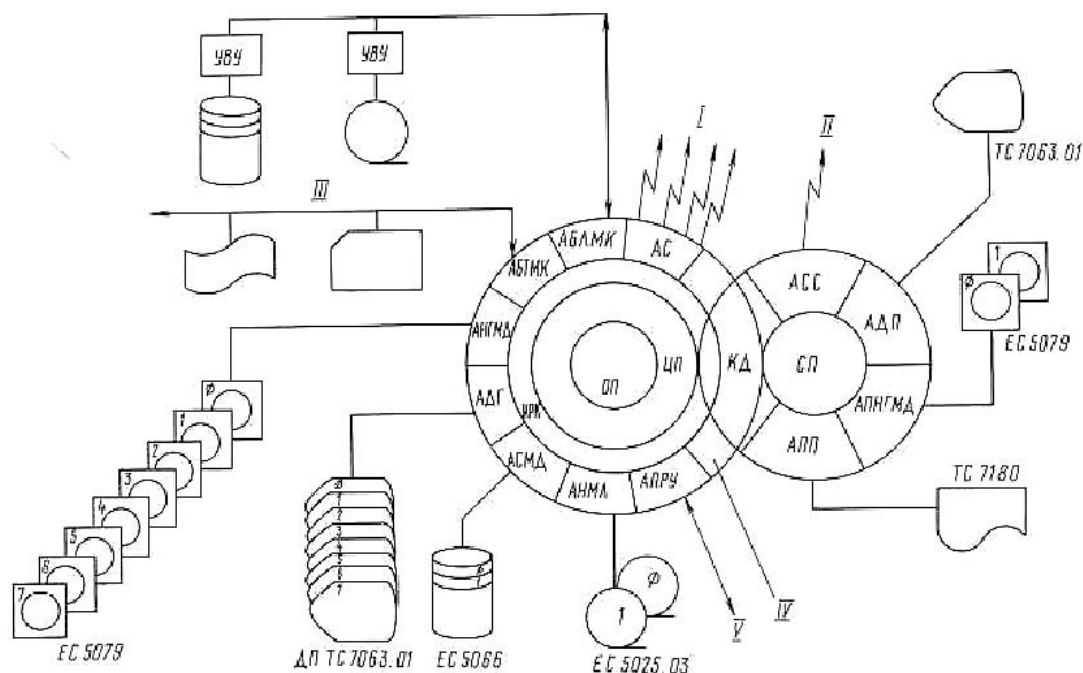
Третий тезис: машина была задумана и сделана для надёжной эксплуатации малоподготовленным техническим персоналом. Это обеспечивалось следующим образом: установка представляла собой **связку из двух машин**. Одна выполняла работу в соответствии с архитектурой ЕС на соответствующих операционных системах ЕС Ряда-3, вторая же управляла первой и имела собственную операционную систему как управляющая ЭВМ, пакет программ контроля и диагностики, в том числе эвристические, автономные сетевые средства для связи с региональным центром техобслуживания.

Четвёртый тезис: машина имела **элементную базу** с применением серийных **микропроцессорных комплектов**, слайсовых микропроцессорных БИС, БИС памяти. Причём были применены элементы, потребляющие мало электроэнергии – КМОП, ИИЛ, ТТЛ. Больше ни в одной ЭВМ ЕС такой элементной базы применено не было.

Естественно, что все вышеуказанные характерные особенности модели привлекли пристальное внимание Минобороны, которое заинтересовалось разработкой. Заинтересован в ЕС-1007 был и Госплан – в целях массового оснащения народнохозяйственных структур современными и **доступными** вычислительными средствами.

Говоря об «исключительности», «оригинальности» и тому подобных характеристиках изделия необходимо, прежде всего, иметь в виду уровень техники того периода. Например: в ЕС-1007 была применена полупроводниковая оперативная память объёмом в 1 панель (1/8 объёма шкафа машины) ёмкостью в 1 Мегабайт, позже в 4 Мегабайта. Сейчас в фотоаппаратах-«мыльницах» нередко устанавливается память в 4 Гигабайта. Я думаю, что далеко не все представляют себе, что такое Единая Система ЭВМ (ЕС ЭВМ). Не буду вдаваться в дискуссию о правильности и целесообразности принятого решения о развитии этого направления вычислительной техники в СССР. Отмечу только, что идея создания ряда программно совместимых машин была правильной и блестяще реализованной в масштабах стран СЭВ.

Блок-схема ТЭВМ ЕС-1007



- СП – сервисная подсистема (управляющая машина)
 КД – канал доступа (технологический канал доступа СП к оборудованию основной машины)
 АСС – адаптер сетевой сервисный
 АДП – адаптер пультового дисплея
 АПНГМД – адаптер пультового накопителя на гибких магнитных дисках
 АПП – адаптер печати пультовый
 ОП – оперативная память основной машины
 ЦП – центральный процессор
 ИРК – интерфейс канала расширения (для подключения адаптеров)
 АС – сетевой адаптер
 АБЛМК – адаптер блок-мультиплексного (селекторного) канала
 АБТМК – адаптер байт-мультиплексного канала
 АДГ – адаптер дисплейной группы
 АСМД – адаптер сменных магнитных дисков
 АПРУ – адаптер прямого управления (для создания двухмашинного комплекса)
 УВУ – устройство управления внешними устройствами

Итак, разрабатывался некий набор устройств ВТ, которые могли сопрягаться друг с другом через стандартизованные правила сопряжения интерфейсы примерно как кусочки игры-мозаики «пазл», причём из этих пазлов можно было собрать любую картину. Центром этой картины являлся центральный процессор (ЦП). От характеристик ЦП зависела производительность полученной установки, которая, собственно, и называлась вычислительной машиной. Планировался выпуск ряда ЦП разной мощности для удовлетворения потребностей широкого круга пользователей. Все устройства должны удовлетворять единым правилам – принципам работы. В связи с этим все программы, написанные для ЕС ЭВМ, должны были работать на любой установке независимо от мощности ЦП. Таким образом, разработка новой модели ЕС ЭВМ фактически сводилась к разработке нового центрального процессора, всё остальное уже было.

Рассмотрим типичную конфигурацию машины ЕС ЭВМ. В центре схемы находится центральный процессор (ЦП), связанный с оперативной памятью (ОП), системой электропитания (СЭП) и каналами ввода-вывода (блок-мультиплексный БЛМК и селекторный СК). У большинства ЭВМ имелся электромеханический пульт управления системой. К каналам подключаются все периферийные устройства через свои устройства управления УУВУ. Связь «каналы – УУВУ» стандартизована. Связь УУВУ с устройством индивидуальная, но также стандартизованная в пределах типа.

Такое построение системы наряду с очевидными удобствами имело и вполне очевидные недостатки. Каждое устройство имело свой ящик, иногда вполне ощутимых размеров и веса, свою систему электропитания, комплект кабелей и т.д. Установка занимала большую площадь, имела высокую потребляемую мощность, невысокую интегральную надёжность и приличную стоимость. Обслуживать установку должна была целая бригада специалистов различного профиля, оснащённая КИП и ЗИП, объём которого порой позволял собрать ещё одну машину.

Чем же отличается ЕС-1007 от других машин Ряда? **Глубокой интеграцией ресурсов.** Был сделан достаточно мощный вычислитель, назовём его «Центральное обрабатывающее устройство, ЦОУ». Как и в других ЭВМ ЕС, он выполнял функции центрального процессора, т.е. выполнял команды программ, но одновременно он выполнял функции канала ввода-вывода, используя механизм микропрерываний. Физически обособленного устройства «каналы ввода-вывода» у ЕС-1007 не было. Каналы – это комплект микропрограмм ЦОУ. Конечно, пара плат (ТЭЗ) – интерфейса ввода-вывода сохранилась от типовой конфигурации – для физического подключения внешних устройств.

Для подключения 8 дисплеев (рабочих мест 8 операторов) вместо устройства управления (УУ) ЕС-7970 был создан адаптер дисплейной группы (АДГ) 2 платы (ТЭЗ), сетевой адаптер АС (два ТЭЗ) на четыре направления выполняет функции процессора телеобработки ЕС-8375. Адаптер 100 Мб дисков, состоящий из шести ТЭЗ ЕС-1007, заменяет стандартное устройство управления ЕС-5566 на ЭСЛ элементах в объеме полноразмерной стойки ЕС ЭВМ. Появилось групповое УУ на восемь накопителей на гибких магнитных дисках НГМД (адаптер ГМД) – единственное в ЕС ЭВМ.

Программное обеспечение

Операционная система ОС7 ЕС (для обеспечения резервирования больших ЭВМ);

Основная рабочая ОС СВМ (система виртуальных машин).

Основной режим работы ЕС-1007: под управлением ОС СВМ восемь операторов, каждый за своим дисплейным пультом АДГ, выполняют автономные задачи на своей виртуальной машине, получая исходные данные с закрепленного за ними одного из восьми НГМД. Любой из операторов имел возможность выхода в сеть через сетевой адаптер, в том числе при установленных в ЭВМ двух комплектах АС – каждый имеет независимую линию связи, что было немаловажно в то время ввиду низких скоростей передачи данных через штатные модемы ЕС ЭВМ. АС имел также спецстык для связи с аппаратурой засекречивания ЗАС. Использовались различные линии связи, в том числе через спутник.

В среде СВМ можно было использовать другие операционные системы и системно-независимые программы. Подсистема дистанционной передачи файлов (ПДП) обеспечивала возможность организации распределённой обработки данных между ЕС-1007 и более мощной ЭВМ «Ряда», позволяя передавать задания от виртуальной машины в операционную среду большой ЭВМ и получать от неё результаты исполнения. Подсистема дистанционной передачи файлов, доработанная с учётом аппаратных возможностей ЕС-1007, обеспечивала функционирование машины в качестве группового абонентского пункта сети.

Надёжность и техническое обслуживание ЕС-1007

В ЭВМ были реализованы средства повышения надёжности. Применены методы дублирования (ЦОУ задублирован), контроля передачи данных по трактам, элементы деградации ресурсов. Приведу пример обеспечения надёжности системы электропитания. Центр потреблял 130-150 ампер. В машине установлено 2 блока по 200 ампер каждый. Блоки могли работать на общую нагрузку. В случае аварии одного из блоков второй полностью обеспечивал работоспособность центра, дефектный мог быть заменён «на ходу». В ЭВМ ЕС-1007 в качестве сервисной подсистемы (СПС) была применена микро-ЭВМ на основе комплекта 580 под управлением ОС РВ RMX, фактически персональная ЭВМ, которых в то время, тем более с военной приемкой, в СССР не производилось. Дисплейный пульт СПС работал как в режимах пульта СПС, пульта системы диагностики, так и пульта оператора ОС СВМ (как девятый пульт АДГ). ЕС-1007, впервые в ЕС ЭВМ, вообще не имела электромеханического (лампочно-кнопочного) пульта. Всё управление установкой выполнялось через дисплейный пульт. Имелась только одна кнопка: ВКЛ/ВЫКЛ. Загрузка микропрограмм и диагностических тестов выполнялась с НГМД СПС. Собственный сетевой адаптер СПС, подключенный через модем к линии связи, обеспечивал удаленное обслуживание ЕС-1007, в том числе запуск диагностики, считывание и установку состояния технических средств с целью удаленного анализа ситуации квалифицированными специалистами и выдачи рекомендаций штатному обслуживающему персоналу по ликвидации неисправностей.

В ЭВМ была реализована система контроля и восстановления, работающая на аппаратном и микропрограммном уровнях процессора и программ сервисной подсистемы, а также, впервые в ЕС ЭВМ, был использован метод «сдвиговых регистров» диагностирования и тестирования оборудования, обеспечивающий доступ (считывание и установку) **к любому** запоминающему элементу ЭВМ. Состояние машины или отдельного блока могло быть считано по технологическому каналу в СПС, проанализировано средствами диагностики СПС, введены тестовые установки, выполнены тесты, в том числе эвристические, выданы рекомендации обслуживающему персоналу по замене дефектного блока. Если местная диагностика не давала результатов, состояние машины можно было передано в центр дистанционного обслуживания для анализа ситуации квалифицированным персоналом и выдачи рекомендаций. Такая особенность позволяла уменьшить численность обслуживающего персонала до минимума, что было необходимо при использовании ЭВМ в спецприменениях.

Машина разрабатывалась НИИ вычислительных систем в Казани для производства на Казанском производственном объединении вычислительных систем (КПО ВС). Основные технические решения защищены пятнадцатью авторскими свидетельствами СССР и свидетельством на промобразец. Машина получила золотую медаль ВДНХ.

Одновременно с разработкой и испытаниями машины проводилась подготовка производства. Были освоены новые технологические процессы, разработаны и изготовлены стенды для входного контроля микропроцес-

соров, для наладки отдельных блоков и ЭВМ в целом, подготовлен коллектив специалистов – наладчиков, построен цех наладки. Кстати, генеральный директор ОАО ICL КПО ВС В. Дьячков был начальником этого цеха.

Производство было подготовлено для серийного выпуска до 1000 машин в год. Однако наступили времена, когда отечественные ЭВМ стали не нужны. Предприятия боролись за выживание и максимально экономили на всём. Выпущено было 250 серийных машин, и в 1995 году выпуск прекратили. Вскоре и КПО ВС прекратило свое существование.

Музей истории вычислительной техники в Казани. Здесь собраны элементы ЭВМ, выпускавшихся в Казани, от ламповых до последних моделей третьего поколения. Имеется большой архив документов. Музей охотно посещают школьники и студенты, для сотрудников ОАО ICL КПОВС знакомство с музеем обязательно. Ветераны объединения с волнением вспоминают свои трудовые будни. Поскольку доступ в реальный музей ограничен, был создан виртуальный «Казанский компьютерный музей»,

<http://kazan-computer-museum.blogspot.com>,
который я приглашаю посетить.



Коллектив головного отдела – разработчика ЕС-1007

**Вторая Международная конференция
Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения
в России и странах бывшего СССР**

12–16 сентября, Великий Новгород, Россия

ТРУДЫ SORUCOM-2011

Ответственный редактор д.ф.-м.н. А.Н. Томилин

Технический редактор О.В. Дробышевич

Ответственная за выпуск И.А. Крайнева

ISBN 978-5-98769-088-8

Подписано к печати 25.08.2011. Формат 60х84/8
Усл. печ. л. 22,02. Уч.-изд. л. 23,6 Тираж 100 экз.
Гарнитура Times New Roman. Заказ № 508

Отпечатано в ЗАО «Новгородский технопарк»
173000, Великий Новгород, Б.С.-Петербургская, 41
тел/факс (8162) 73-76-76